

VEKTORKARDIOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN
ZUR EINSCHÄTZUNG DES SCHWEREGRADES
ANGEBORENER VALVULÄRER AORTENSTENOSEN
IM KINDESALTER

*(Vergleich mit elektrokardiographischen,
phonokardiographischen und klinischen Befunden)*

Günter Oberprieler

1980

Dissertations- und Fotodruck ANNELIESE SCHUBERT
Corneliusstraße 21 · 8000 München 5 · Telefon 26 81 77



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548319_0027

Aus der Kinderklinik des Deutschen Herzzentrums in München
Direktor: Prof. Dr. K. Bühlmeier

Vektorkardiographische Untersuchungen
zur Einschätzung des Schweregrades
angeborener valvulärer Aortenstenosen
im Kindesalter.

(Vergleich mit elektrokardiographischen,
phonokardiographischen und klinischen Befunden)

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Günter Oberprieler
Freising
1980

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. K. Bühlmeier
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. K. Betke
Dekan:	Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 3. 7. 1980



EINLEITUNG:

Angeborene valvuläre Aortenstenosen stellen uns auch heute noch vor große diagnostische Probleme, vor allem dann, wenn man den Schweregrad einer Aortenstenose mit nicht invasiven Methoden (2) bestimmen will. Herzkatheteruntersuchung (12,6) und Angiographie (27,37) sind zwar traditionell die in dieser Hinsicht genauesten Methoden, leider aber auch besonders bei Neugeborenen und Kleinkindern, insbesondere bei retrogradem Vorgehen (34), mit einem deutlichen Risiko behaftet (6).

Von den nicht invasiven Methoden standen bisher die klinische Untersuchung, wie Auskultation, Palpation und Perkussion sowie die Beurteilung der klinischen Symptomatik (5, 30, 9, 23, 32, 19) sowie die Technik der Elektrokardiographie (37, 8, 33, 7, 3, 23) und der Phonokardiographie (36, 1, 33, 4) im Vordergrund.

Für die Erkennung und die Beurteilung von angeborenen valvulären Aortenstenosen sind diese Untersuchungsmethoden nach wie vor ein unentbehrliches Hilfsmittel.

Da jedoch ihre Ergebnisse und ihre Aussagekraft nicht in jedem Fall befriedigen und zur Sicherung des Schweregrades vor Aortenstenosen ausreichend sind, ist es im Moment nicht möglich, auf zusätzliche Maßnahmen wie Herzkatheterismus und Angiographie zu verzichten, ungeachtet des Risikos und der Belastung für die zu untersuchenden Kinder.

Zielsetzung unserer folgenden Arbeit ist es nun, die Leistungsfähigkeit der Methode der Vektorkardiographie hinsichtlich ihrer Bedeutung bei der Erkennung und Beurteilung des Schweregrades von angeborenen valvulären Aortenstenosen zu prüfen und sie mit der Leistungsfähigkeit der bisher üblichen Untersuchungsmethoden zu vergleichen.

Möglicherweise gelingt es, mit Hilfe der Vektorkardiographie oder durch eine kombinierte Betrachtung und Auswertung dieses Verfahrens mit den bisher gebräuchlichen Untersuchungsmethoden der Klinik, der Elektrokardiographie und der Phonokardiographie den Schweregrad von angeborenen valvulären Aortenstenosen so genau einzuschätzen, daß eine Trennung der Patienten mit leichten und schweren Aortenstenosen möglich ist, so daß eine Herzkatheteruntersuchung bei der ersten Gruppe unnötig werden würde.

METHODIK:

Wir untersuchten 17 Patienten mit angeborenen isolierten valvulären Aortenstenosen im Alter von 3 bis 22 Jahren. Das mittlere Alter betrug 11,06 Jahre. Es waren 16 Knaben und 1 Mädchen. Alle Patienten wurden einer Herzkatheteruntersuchung unterzogen. Der zeitliche Abstand zu unseren nachfolgenden Untersuchungsergebnissen betrug bis zu 8 Jahren. Die systolischen Druckgradienten zwischen linkem Ventrikel und Aorta betrugen 0 - 155, im Mittel 50,88 mm Hg. In der Gradientengruppe unter 50 mm Hg befanden sich 11 Patienten, in der Gruppe zwischen 50 und 100 mm Hg waren es 4 und in der Gruppe über 100 mm Hg 2 Patienten. Die Höhe des Druckgradienten zwischen linkem Ventrikel und Aorta ist ein exaktes Maß für den Schweregrad der Aortenstenose, an dem sich unsere folgenden Vergleichsuntersuchungen orientierten.

I) Wir untersuchten im vektorkardiographischen Bereich:

1. die Länge des linksmaximalen Raumvektors (LMSV) in mV,
2. den Quotienten aus dem 10 msec.-Initialvektor und dem LMSV,
3. den Quotienten aus dem 20 msec.-Initialvektor und dem LMSV,
4. den Azimuth in Winkelgraden,
5. die Elevation in Winkelgraden,
6. die Dauer des QRS-Kammerkomplexes in msec.,
7. die Zeit, die der LMSV benötigt, seine maximale Ausdehnung zu erreichen, in msec.,
8. den Drehsinn der Vektorschleifen in allen Raumebenen.

II) im elektrokardiographischen Bereich:

1. den Sokolow-Index ($Sv_1 + Rv_{5/6}$) in mV,

2. die Höhe von S in V_1 in mV,
3. den Stoermer-Heck-Index ($Sv_2 + Rv_5$) in mV,
4. eine absteigende Tendenz der R-Zacken in den Extremitätenableitungen $R I > R II > R III$,
5. eine aufsteigende Tendenz der T-Wellen in den Extremitätenableitungen $T I < T II < T III$,
6. ein negatives T in $V_{5/6}$ mit konvexbogenförmig gesenkter ST-Strecke.

III) im phonokardiographischen Bereich:

1. den Abstand zwischen Q und den Ejektion-Klick in sec.,
2. die Breite der Spaltung des zweiten Herztones in msec.,
3. das Maximum des systolischen Geräusches in Relation zu dessen Gesamtlänge in %.

IV) im Bereich der klinischen Untersuchung:

1. die Lautstärke des systolischen Geräusches (Skala I - VI),
2. die Stärke des zu palpierenden Schwirrens je nach Prominenz in 0, +, ++ ausgedrückt.

Außerdem untersuchten wir die sog. "Ellison-Formel", die 1973 von R. Curtis Ellison und Mitarbeitern aufgestellt wurde. Die Formel stellt eine Kombination verschiedener nicht invasiver Untersuchungsergebnisse dar, die, kombiniert, eine bessere Signifikanz im Hinblick auf die Einschätzung des Druckgradienten zwischen linkem Ventrikel und Aorta erreichen soll.

Alle Untersuchungsergebnisse dieser einzelnen Kriterien wurden mit den jeweilig gemessenen Druckgradienten in Beziehung gesetzt und überprüft, inwieweit diese Kriterien in der Lage sind, eine Einschätzung des Schweregrades von Aortenstenosen zu ermöglichen.

TECHNIK:

Für die vektorkardiographischen Untersuchungen benützten wir das Gerät ICR INSTANT VCG der Firma Instruments for cardiac research INC., New York. Als Ableitungssystem für die elektrischen Potentiale des Herzens diente uns die Methode nach Frank, bei der die Ableitungselektroden wie folgt am Körper plaziert werden:

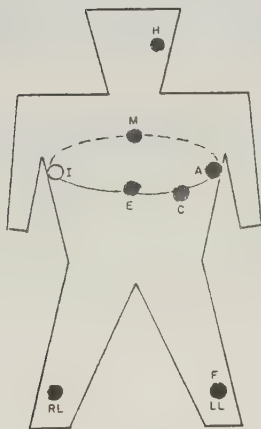


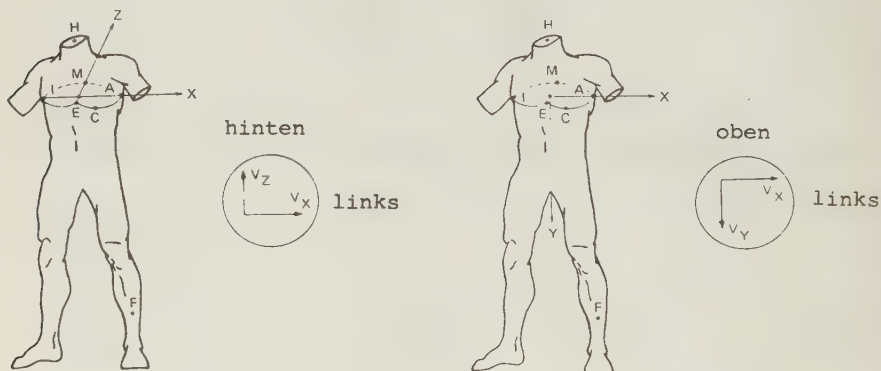
Abb. 1) Plazierung der Ableitungselektroden nach Frank. (42)

Farbe	Elektrode	Plazierung
Blau	H	an der Halsrückseite
Braun (E)	E	5. ICR vordere Mittellinie
Braun (C)	C	gleiche Horizontalebene wie E, 45° zwischen vorderer Mittellinie und mittlerer Axillarlinie links

Farbe	Elektrode	Plazierung
Weiß	I	gleiche Horizontalebene wie E, mittlere Axillarl原因e rechts
Gelb	M	gleiche Horizontalebene wie E, hintere Mittellinie
Rot	F, LL	linker Unterschenkel
Schwarz	A	gleiche Horizontalebene wie E, mittlere Axillarl原因e links
Grün	RL	rechter Unterschenkel (Erdung)

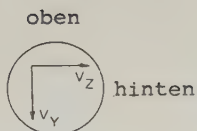
Tab. 1) Plazierung der Ableitungselektroden nach Frank. (42)

Durch spezielle Polung dieser Elektroden untereinander ist es möglich, die Projektion des elektrischen Hauptvektors des Herzens auf die drei Ebenen des orthogonalen Koordinatensystems zu erfassen.



Horizontalebene

Frontalebene

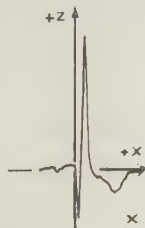


Sagittalebene (links)

Abb. 2) Projektionen des elektrischen Hauptvektors des Herzens auf die drei orthogonalen Ebenen. (42)

Die vom Vektorkardiographen aufgezeichneten Bilder während einer Herzaktion ergeben nun einerseits die Projektion der Bewegung und Ausdehnung des Hauptvektors auf die Horizontal-, Frontal- oder Sagittalebene entsprechend einer stationären Betrachtung der jeweiligen Ebene, andererseits durch Hinzunahme einer bestimmten Vorschubgeschwindigkeit in Richtung der x-, y- oder z-Achse orthogonale Elektrokardiogramme, die den maximalen positiven und negativen Ausschlägen auf den jeweiligen Achsen entsprechen.

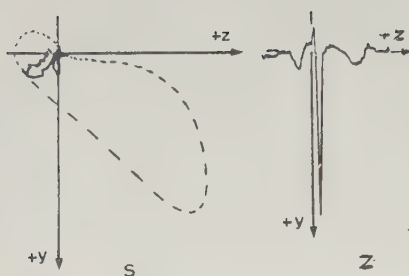
Das ergibt nun für eine normale ungestörte Erregungsausbreitung des Herzens folgende Bilder:



Horizontalebene



Frontalebene



Sagittalebene

Abb. 3) Normale Vektorschleife und orthogonales Elektrokardiogramm nach Frank in den drei Raumebenen. (28).

Dabei werden die Vektorschleifen im Punkt-Strich-System geschrieben, d.h. alle zwei msec. (bei gebräuchlicher Schreibweise) erfolgt eine Zeitunterbrechung. Es ist aber auch möglich, erst alle vier msec. zu unterbrechen oder aber eine fortlaufende, nicht unterbrochene Schleife zu registrieren.

Je nach Art der Problemstellung können auch noch weitere Parameter verändert werden.

So läßt sich die Vorschubgeschwindigkeit der orthogonalen Elektrokardiogramme verändern: 50 mm/sec., 100 mm/sec. oder 200 mm/sec., außerdem die Höhe des Skalenausschlags bei Vektorschleifen und orthogonalen EKGs, 10 mm/mV, 20 mm/mV, 40 mm/mV, 100 mm/mV, die wiederum um die Faktoren 1, 2 und 4 (X_1 , X_2 , X_4) erhöht werden kann.

Das obige Beispiel war mit einer Zeitunterbrechung von 500/sec., einem Vorschub von 100 mm/sec., einem Ausschlag von 20 mm/mV und einer Amplitudenvergrößerung von X_2 geschrieben worden. Hier noch ein Beispiel für eine Veränderung der Parameter im Sinne einer besseren Erfassung, z.B. der Initialvektoren:

Zeitunterbrechung 500/sec., Vorschub 200 mm/sec., Ausschlag 20 mm/mV, Amplitudenvergrößerung X_4 .

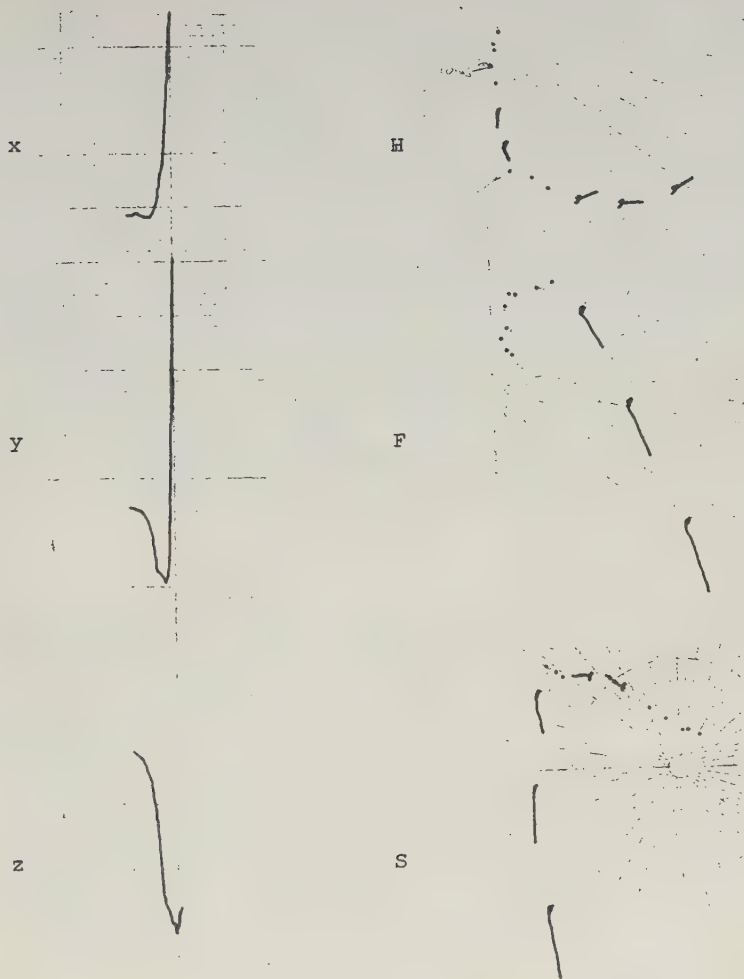


Abb. 4) Parameterveränderung zur besseren Erfassung der Initialvektoren. (42)

Durch die Schreibweise im Punkt-Strich-System läßt sich auch die Richtung der Vektorschleife leicht bestimmen und in die drei Hauptgruppen einordnen:



Abb. 5) Hauptrichtungen der Vektorschleifen

Die Richtung der Vektorschleife ergibt sich in unserem Aufzeichnungssystem dadurch, daß zuerst der Punkt und dann der Strich geschrieben wird. Für die Auswertung unserer Untersuchungen waren nun von größtem Interesse die Länge und Richtung der Raumvektoren zu bestimmten Zeiten. So errechneten wir die Vektoren der Herzaktion nach 10 und nach 20 msec. nach Beginn der QRS-Aktion sowie den Maximalvektor, d.h. den Vektor mit der größten Ausdehnung im Raum.

Wir verwendeten dafür die orthogonale Schreibweise des Frank'schen Systems, indem wir den Zeitpunkt der größtmöglichen Summe der orthogonalen Einzelvektoren x , y und z bestimmten und dann nach der Formel $\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ den räumlichen Maximalvektor errechneten.

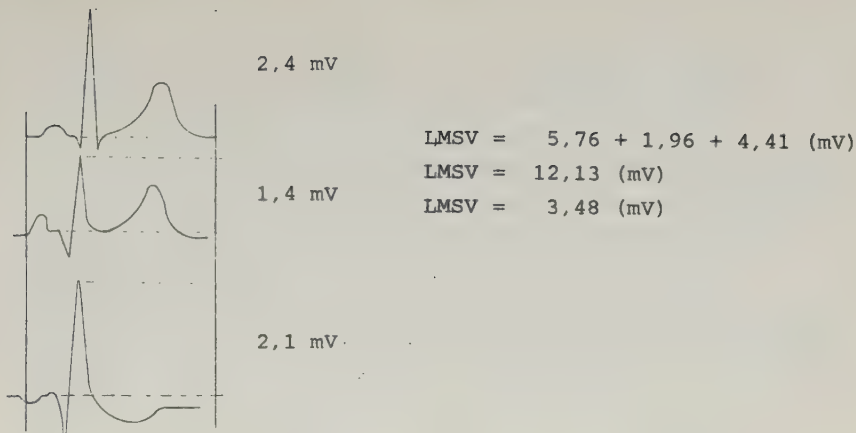


Abb. 6) Schema zur Bestimmung des LMSV. (42)

Bei den Initialvektoren (nach 10 und 20 msec.) bestimmten wir die räumliche Ausdehnung anhand der ausgeschriebenen Vektorschleifen und mit Hilfe der Punkt-Strich-Schreibweise bei veränderten Amplituden- und Geschwindigkeitsparametern entsprechend Abb. 4.

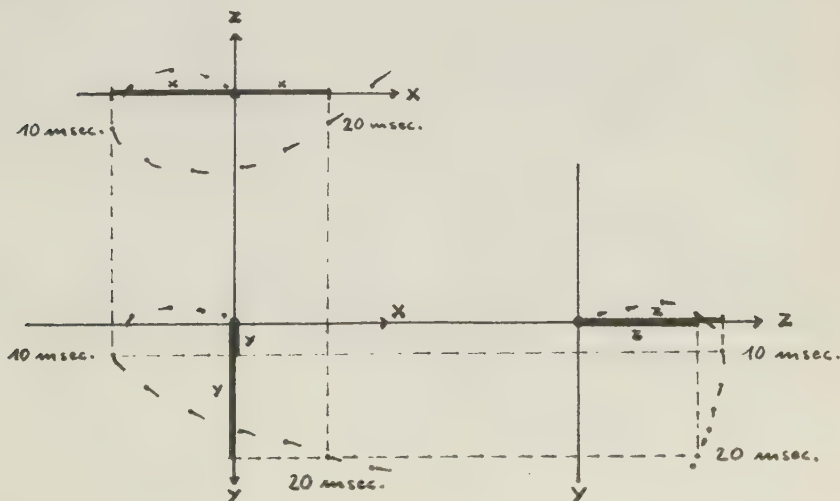
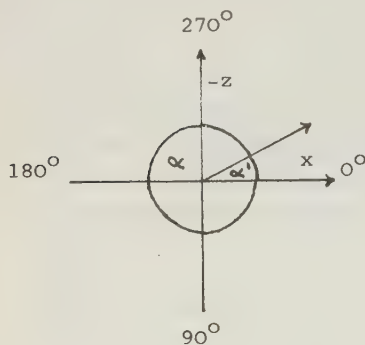
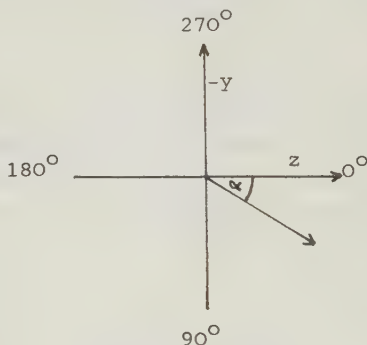


Abb. 7) Schema zur Bestimmung der Initialvektoren.

Bei einer Zeitunterbrechung von 2 msec. erreichen wir die 10 msec.-Initialvektor-Projektion auf die H-, F- oder S-Ebene nach 5 Ausschlägen, die 20 msec.-Initialvektor-Projektion nach 10 Ausschlägen. Die Projektion der Horizontal-, Frontal- oder Sagittalvektoren auf die jeweiligen orthogonalen Achsen x, -y und z, zusammengefaßt in der Formel für den Raumvektor: $SV = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$, ergibt nun den Wert der räumlichen Ausdehnung der Initialvektoren. Die Lage der Projektion des räumlichen Maximalvektors auf die einzelnen Raumebenen läßt sich durch trigonometrische Winkelmessungen errechnen. So bestimmten wir die Projektion auf die Horizontal- und Sagittalebene und erhielten den Azimuth (Winkel α des räumlichen Maximalvektors projiziert auf die Horizontalebene) und die Elevation (Winkel α' des räumlichen Maximalvektors projiziert auf die Sagittalebene).



Horizontalebene



Sagittalebene

Abb. 8) Projektion des Hauptvektors auf die Horizontal- und Sagittalebene. (28)

Die Winkel α bzw. α' lassen sich ohne weiteres aus den Projektionen auf die y- und z-Achse bzw. auf die x- und z-Achse nach trigonometrischen Regeln errechnen:

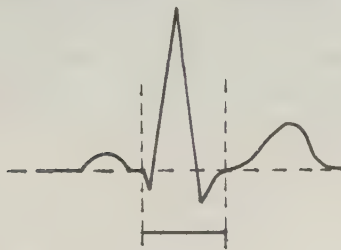
$$\begin{aligned} \tan \alpha &= \frac{y}{z} & \text{bzw.} & \quad \cotan \alpha' = \frac{z}{y} & \text{und} \\ \tan \alpha &= \frac{z}{x} & \text{bzw.} & \quad \cotan \alpha = \frac{x}{z} \end{aligned}$$

Mit diesen einfachen Rechnungen läßt sich nun die Länge des räumlichen Maximalvektors (LMSV) genau bestimmen.

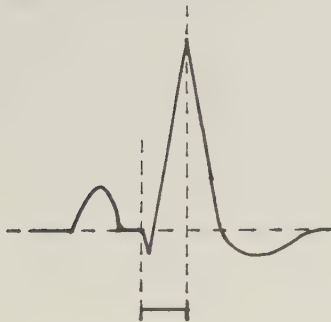
Für weitere Messungen in Bezug auf die Dauer einzelner Aktionen bedienen wir uns wieder des orthogonalen Frank-Elektrokardiogramms.

Im Vordergrund standen zwei Probleme:

Die Dauer des QRS-Kammerkomplexes und die Zeit zwischen Beginn des QRS-Kammerkomplexes und dem Erreichen des räumlichen Maximalvektors. Beides war mit Hilfe der gegebenen Vorschubgeschwindigkeit leicht zu messen. (27)



QRS-Dauer
Vorschub 100 mm/sec.
1 mm 10 msec.



Q-LMSV-Zeit
Vorschub 100 mm/sec.
1 mm 10 msec.

Abb. 9) Schema zur Messung der Dauer des QRS-Kammerkomplexes und zur Messung der Zeit zwischen dessen Beginn und dem Erreichen des räumlichen Maximalvektors.

ERGEBNISSE:

I) Vektorkardiographische Kriterien:

- Wir haben bei allen 17 Patienten den linken räumlichen Maximalvektor (LMSV) gemessen und dabei Werte von 0,87 mV bis 3,58 mV gefunden. Dabei entsprach der kleinste Wert von 0,87 mV einem Druckgradienten zwischen linkem Ventrikel und Aorta von 0 mm Hg, während sich unter den drei größten gemessenen Werten von 3,38, 3,58 und 3,67 mV der höchste Druckgradient von 155 mm Hg befand. Der Durchschnittswert für den linksmaximalen Raumvektor betrug 2,39 mV. In Tabelle 2 setzen wir die gemessenen LMSV-Werte in Beziehung zu den drei Gradientengruppen: solche unter 50 mm Hg, zwischen 50 und 100 mm Hg und solche über 100 mm Hg.

Gradient (mm Hg)	50	50 - 100	100
LMSV (mV)	0,87	1,58	3,11
	1,67	2,03	3,38
	1,82	2,99	
	1,87	3,58	
	2,07		
	2,23		
	2,25		
	2,33		
	2,35		
	2,95		
	3,67		
	---	---	---
Durchschnitts- werte (mV)	2,18	2,56	3,25

Tab. 2) Gemessene LMSV-Werte in Relation zu drei festgesetzten Gradientengruppen.

Es zeigt sich bei der Betrachtung der Durchschnittswerte für die drei Gradientengruppen eine klare Tendenz nach oben entsprechend dem Ansteigen des Druckgradienten ($2,18 < 2,56 < 3,25$), jedoch ist die Streuung in den einzelnen Gruppen so groß, daß der Korrelationskoeffizient für die Beziehung zwischen dem Druckgradienten und dem linksmaximalen Raumvektor nur 0,44 erreicht. (vgl. Abb. 10) Wir versuchten nun, um einen konkreten Bezug zur klinischen Situation zu erreichen, Grenzwerte im Bereich der Größe des linksmaximalen Raumvektors zu finden, die zu klaren Konsequenzen in der Klinik führen könnten.

Als ersten Grenzwert nahmen wir 1,5 mV. Unter 1,5 mV befand sich nur ein Patient mit dem Druckgradienten 0 mm Hg. Über 1,5 mV befanden sich alle Patienten mit einem Druckgradienten unter 50 mm Hg und alle verbleibenden Patienten mit einem Druckgradienten ≥ 50 mm Hg. Wenn man nun die Grenze zur Indikationsstellung für eine Herzkatheteruntersuchung und eventuell anschließende Operation bei ≥ 50 mm Hg postuliert, erlaubt unsere erste Trennlinie nur eine mögliche Aussage: unter 1,5 mV kann man von einer Katheterisierung des Patienten absehen. Als zweiten Grenzwert nahmen wir 2,0 mV. Unter 2,0 mV waren von den Patienten mit einem Druckgradienten unter 50 mm Hg nur 37 %, aber ein Patient mit einem Gradienten von 75 mm Hg vertreten. Über 2,0 mV lagen von den Patienten mit einem Druckgradienten von ≥ 50 mm Hg zwar 83 %, aber auch 63 % der Patienten mit einem Gradienten unter 50 mm Hg. In diesem Bereich ist also keine klare Trennung in niedrige und höhere Gradienten möglich, man würde zu viele falschpositive bzw. falschnegative Ergebnisse erreichen.

Ein dritter Grenzwert von 3,0 mV ergab, daß unter 3,0 mV 91 % der Patienten unter 50 mm Hg erfaßt würden, aber auch 33 % der Patienten über 50 mm Hg. Über 3,0 mV lagen 67 % der Patienten mit einem Gradienten von ≥ 50 mm Hg und nur 9 % mit einem Gradienten von < 50 mm Hg. Daraus könnte man ableiten, daß bei einem LMSV von $\geq 3,0$ mV eine Indikation zur Durchführung einer Herzkatheteruntersuchung besteht.

2. Wir errechneten dann die Initialvektoren bei 10 und 20 msec. nach Beginn des QRS-Kammerkomplexes. Dies war bei 9 Patienten möglich. Danach bildeten wir den Quotienten aus dem Raumvektor nach 10 msec. und dem linksmaximalen Raumvektor und versuchten daraus eine Tendenz abzuleiten. Dem größten Wert mit 0,41 konnten wir den kleinsten gemessenen Druckgradienten von 0 mm Hg zuordnen, umgekehrt dem kleinsten Wert mit 0,016 den größten gemessenen Druckgradienten von 155 mm Hg. So bekamen wir für den Quotienten aus 10 msec. SV und dem LMSV einen Durchschnittswert von 0,213 und folgende Verteilung der Einzelwerte:

Gradient (mm Hg)	50	50 - 100	100
Quotient	0,12	0,23	0,016
	0,12		
	0,198		
	0,22		
	0,29		
	0,31		
	0,41		
	—	—	—
Durchschnittswerte	0.24	0.23	0,016

Tab. 3) Gemessene Werte für den Quotient 10 msec. SV gegen LMSV in Beziehung zu den ausgewählten Gradientengruppen.

Auch bei den Durchschnittswerten in den einzelnen Gradientengruppen erweist sich eine abnehmende Tendenz, was darauf hinweist, daß mit Zunahme der Stenose an den Aortenklappen bzw. Zunahme der Druckhypertrophie des linken Ventrikels eine zunehmende Verzögerung der Erregungsausbreitung in der Anfangsphase des QRS-Kammerkomplexes eintritt. (vgl. Abb. 11)

Unsere Berechnungen ergaben eine sehr hohe Signifikanz für dieses Kriterium (Korrelationskoeffizient $r = - 0,78$). Wenn wir nun wieder versuchen, eine Trennlinie zu finden, die uns für die Klinik eine konkrete Aussage ermöglicht, so bietet sich der Wert 0,25 an. Wir können sagen, daß 100 % der Patienten mit einem Druckgradienten unter 40 mm Hg einen Quotienten über 0,25 aufwiesen bzw. daß 100 % der Patienten mit einem Druckgradienten über oder gleich 40 mm Hg einen Quotienten unter 0,25 aufwiesen. Damit läßt sich für die Klinik folgern, daß bei Patienten mit einem Quotienten aus dem 10 msec. SV und dem LMSV über 0,25 von einer Katheteruntersuchung abgesehen werden kann.

3. Bei der Berechnung des Quotienten aus dem 20 msec. SV und dem LMSV fanden wir als Durchschnittswert 0,46.

Gradient (mm Hg)	50	50 - 100	100
Durchschnittlicher Quotient	0,43	0,75	0,28

Tab. 4) Errechnete Durchschnittswerte für den Quotienten aus dem 20 msec. SV und dem LMSV in Relation zu den ausgewählten Gradientengruppen.

So betrachtet läßt sich keine klare Beziehung zwischen Druckgradient und Quotient aus dem 20 msec. SV und dem LMSV ableiten, was auch durch die Berechnung des Korrelationskoeffizienten mit einem Ergebnis von $r = - 0,33$ zum Ausdruck kommt. (vgl. Abb. 12)

Betrachtet man das Diagramm genauer, so fällt auf, daß für die schlechte Korrelation bzw. für die nicht eindeutige Tendenz der Durchschnittswerte nur 2 Patienten mit Druckgradienten von 75 bzw. 155 mm Hg verantwortlich zu machen sind.

Daraus ließe sich ableiten, daß bei zunehmendem Schweregrad der Aortenklappenstenosen bzw. zunehmendem Druckgradienten zwischen linkem Ventrikel und Aorta, sagen wir in einem Bereich über 70 mm Hg, die Kompetenz dieses Kriteriums für die Beurteilung von Aortenklappenstenosen rapide abnimmt. Wenn wir diesen Gedanken weiter verfolgten, so könnten wir den Bereich über 70 mm Hg vernachlässigen und fänden eine klar abnehmende Tendenz des Druckgradienten bei Zunahme des Quotienten aus dem 20 msec. SV und dem LMSV im Bereich unter 70 mm Hg, was natürlich eine wesentlich bessere Signifikanz dieses Kriteriums zur Folge hätte.

4. Als Nächstes untersuchten wir die Abweichung des linksmaximalen Raumvektors von der x-Achse in Projektion auf die Horizontalebene bei allen 17 Patienten.

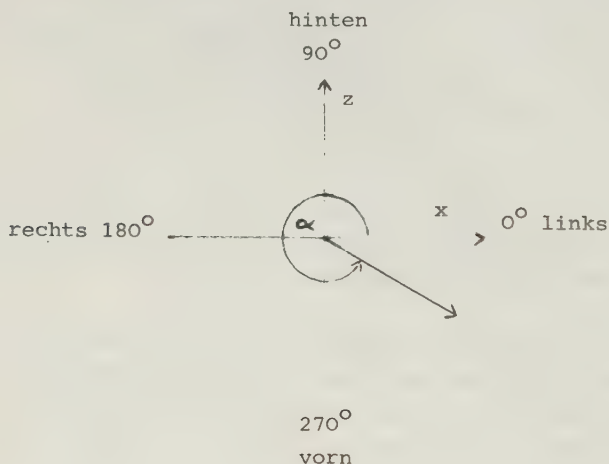


Abb. 13) Schema der Projektion des LMSV auf die Horizontalebene.

Die errechneten Werte in Winkelgraden für den Winkel α (Azimuth) setzten wir in Beziehung zu den jeweiligen Druckgradienten.

Dabei fanden wir bei einem kleinsten Winkel von 287° (er entsprach einem Gradienten von 40 mm Hg) und einem größten Winkel von 355° (er entsprach einem Gradienten von 75 mm Hg) einen Durchschnittswert für den Azimuth von 325° . (vgl. Abb. 14) Das Diagramm zeigt, daß bei unseren Patienten keine klare Tendenz in der Beziehung zwischen dem Azimuth und dem Druckgradienten herzustellen ist. Dies wird durch den errechneten Korrelationskoeffizienten ($r = 0,08$!) nur noch unterstrichen. Wir können also mit diesem Kriterium keine klinisch verwertbare Aussage treffen.

5. Eine weitere Winkelmessung ergab den Wert der Elevation, d.h. der Abweichung des linksmaximalen Raumvektors von der z-Achse in Projektion auf die Sagittalebene.

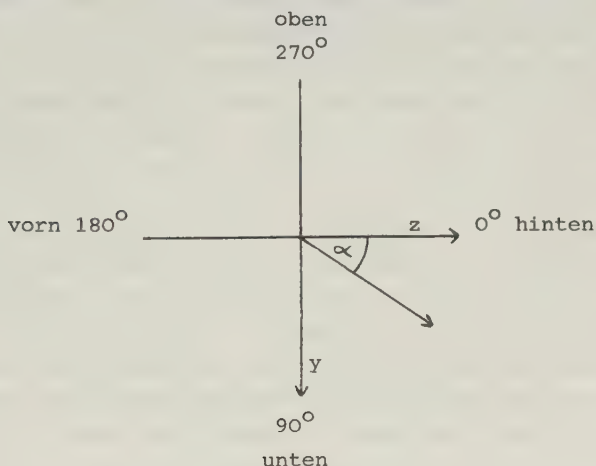


Abb. 15) Schema der Projektion des LMSV auf die Sagittalebene.

Die Ergebnisse der Berechnung des Winkels α (Elevation) in Winkelgraden setzten wir in Beziehung zu dem jeweiligen Druckgradienten. Der Durchschnittswert der Elevation für alle 17 Patienten lag bei $40,35^{\circ}$. Dabei entsprach der kleinste gemessene

Wert von 6° einem Druckgradienten von 0 mm Hg, während sich unter den beiden größten gemessenen Werten (67° und 69°) der höchste gemessene Druckgradient von 155 mm Hg befand. Versucht man bei den Werten der Elevation eine Einteilung in Gradientengruppen, so läßt sich keine klare Tendenz erkennen:

Gradient (mm Hg)	50	50 - 100	100
Durchschnittswerte	40°	$31,7^{\circ}$	$59,5^{\circ}$

Tab. 5) Durchschnittswerte der Elevation in Beziehung zu den ausgewählten Gradientengruppen.

Auch der Korrelationskoeffizient von $r = 0,41$ deutet auf eine nicht sehr hohe Signifikanz der Beziehung zwischen Elevation und dem Druckgradienten zwischen dem linken Ventrikel und der Aorta hin. Auch die Tatsache, daß bereits bei der Gradientengruppe ≤ 50 mm Hg die ganze Bandbreite der Elevationswerte zwischen 6° und 69° erschien, stellt die Kompetenz dieses Kriteriums als Indikator für den Schweregrad von Aortenstenosen in Frage. (vgl. Abb. 16)

Wir versuchten nun, ein höheres Maß an Korrelation zwischen Elevation und dem Druckgradienten zu erreichen, indem wir nicht die normalen Werte in Winkelgraden, sondern die Abweichung der jeweiligen Elevationswerte von einer von Ellison und Restieaux für die jeweiligen Altersstufen aufgestellten Tabelle von Normalwerten (14) in Prozent gegen den Druckgradienten in einem Diagramm auftrugen. (vgl. Abb. 17) Dadurch erreichten wir eine Verbesserung des Korrelationskoeffizienten von $r = 0,41$ bei direktem Vergleich auf $r = 0,52$ bei dem Vergleich des Druckgradienten mit der prozentualen Abweichung von den Ellison-Normalwerten.

Für die Klinik ergibt sich jedoch keine entscheidende Änderung der Situation, da auch durch diese Methode die Möglichkeit einer Trennung in niedrigere und höhere Druckgradienten aufgrund einer klaren Tendenz in der Abweichung von den Ellison-Normalwerten nicht gegeben ist.

6. Wir untersuchten weiterhin die Dauer des QRS-Kammerkomplexes bei allen 17 Patienten durch direkte Messung an den ausgeschriebenen orthogonalen Elektrokardiogrammen nach Frank.

Wir errechneten einen Durchschnittswert für alle Patienten von 71,47 msec.

Unsere Untersuchung dieses Kriteriums ergab weder eine Tendenz der Durchschnittswerte in den einzelnen Gradientengruppen, noch einen brauchbaren Korrelationskoeffizienten in der Relation zu den gemessenen Druckgradienten. (vgl. Abb. 18)

Gradient (mm Hg)	50	50 - 100	100
Durchschnittswerte (msec.)	75,6	64,5	65

Tab. 6) Durchschnittswerte für die Dauer des QRS-Kammerkomplexes in Beziehung zu den ausgewählten Gradientengruppen.

Damit fällt auch dieses Kriterium für eine klinisch orientierte Betrachtungsweise aus, d.h. von der Dauer des Kammerkomplexes läßt sich nicht auf die Höhe eines zu erwartenden Druckgradienten schließen.

7. Ähnliche für die Klinik wenig brauchbare Ergebnisse brachten die Messungen der Zeit, die der links-ventrikuläre Raumvektor benötigt, seine maximale Ausdehnung im Raum zu erreichen. Der Beginn der Messung war mit dem Beginn des QRS-Kammerkomplexes identisch. Wir errechneten einen Durchschnittswert für alle 17 Patienten von 34 msec. bei einem kleinsten Wert von 24 msec. (entsprechender Gradient war 115 mm Hg) und einem größten Wert von 48 msec. (entsprechende Gradienten waren 40 bzw. 155 mm Hg).

Auch war es unmöglich, eine Tendenz erkennen zu können, was leicht an den Durchschnittswerten für die einzelnen Gradientengruppen und vielleicht noch deutlicher an der Tatsache aufzuzeigen ist, daß die beiden Eckwerke (24 msec. und 48 msec.) von den Patienten mit den beiden höchsten Druckgradienten (115 mm Hg und 155 mm Hg) erreicht wurden.

Gradient (mm Hg)	< 50	50 - 100	> 100
Durchschnittswerte (msec.)	37,4	32,5	36

Tab. 7) Durchschnittswerte der Zeit, die der links-ventrikuläre Raumvektor benötigt, seine maximale Ausdehnung im Raum zu erreichen, in Relation zu den ausgewählten Gradientengruppen.

8. Die Untersuchung des Drehsinnes der Vektorschleifen in den einzelnen Untersuchungsebenen verlief ebenso erfolglos in Bezug auf eine klinisch relevante Betrachtungsweise. So fand sich in der Horizontalebene von den 17 Patienten bei 16 eine Drehung der Vektorschleife im Gegenuhrzeigersinn und bei einem Patienten eine ∞ -Schleife (entsprechender Gradient war 85 mm Hg). In der links-sagittalen Ebene drehten alle 17 Vektorschleifen im Uhrzeigersinn und in der Frontalebene war folgende Verteilung des Drehsinnes zu beobachten:

3 Patienten	∞ -Schleife	entsprechende Gradienten: 0 mm Hg, 40 mm Hg, 85 mm Hg
3 Patienten	Gegenuhrzeigersinn	entsprechende Gradienten: 35 mm Hg, 45 mm Hg, 75 mm Hg
9 Patienten	Uhrzeigersinn	entsprechende Gradienten: zwischen 25 mm Hg und 155 mm Hg

Tab. 8) Verteilung des Drehsinns der Vektorschleifen in der Frontalebene.

Es ist leicht zu erkennen, daß aus dem Rotationssinn der einzelnen Vektorschleifen kein Rückschluß auf die Höhe des Druckgradienten bzw. des Schweregrades der Aortenstenose möglich ist.

II) Elektrokardiographische Kriterien:

- Wir untersuchten bei 17 Patienten die Summe der Höhe der elektrokardiographischen Potentiale in mV von S in V_1 und R in V_5 oder V_6 , je nach dem, welches den größeren Ausschlag aufwies.

Dieser Index wurde nach Sokolow benannt, der ihn zuerst beschrieben hat und der allgemein als Maß für die Hypertrophie des linken Ventrikels angesehen wird.

Wir fanden einen Durchschnittswert der Summe dieser beiden EKG-Zacken von 4,4 mV bei einem kleinsten Wert von 2,5 mV (ihm entsprach der kleinste gemessene Druckgradient von 0 mm Hg) und einem größten Wert von 7,8 mV (ihm entsprach der größte gemessene Druckgradient von 155 mm Hg).

Wenn wir nun die Durchschnittswerte der einzelnen Gradientengruppen betrachten, ergibt sich folgende Tendenz:

Gradient (mm Hg)	< 50	50 - 100	> 100
Durchschnittswerte (mV)	3,9	5,02	6,1

Tab. 9) Gemessene Durchschnittswerte für den Sokolow-Index in Beziehung zu den ausgewählten Gradientengruppen.

Das heißt, es ergibt sich eine dem Druckgradienten entsprechende, klar nach oben gerichtete Tendenz.

Die Werte im einzelnen:

Gradient (mm Hg)	< 50	50 - 100	> 100
Sokolow-Index (mV)	2,5	3,8	4,4
	2,8	4,7	7,8
	3,0	4,8	
	3,2	6,8	

Gradient (mm Hg)	< 50	50 - 100	> 100
Sokolow-Index (mV)	3,6		
	3,9		
	4,05		
	4,5		
	4,65		
	4,95		
	5,6		

Tab. 10) Gemessene Einzelwerte für den Sokolow-Index in Beziehung zu den ausgewählten Gradientengruppen.

Auch der errechnete Korrelationskoeffizient von $r = 0,62$ ergibt eine brauchbare Signifikanz für die Beziehung zwischen dem Druckgradienten und dem Sokolow-Index. (vgl. Abb. 19)

Wenn wir nun als klinisch relevante Trennlinie den von Sokolow vorgeschlagenen Grenzwert von 3,5 mV verwenden, so ergibt sich für Betrachtungsweisen bei Druckgradienten von 40 und 50 mm Hg folgendes Bild:

Unter 3,5 mV erfassen wir zwar keinen Patienten mit einem Gradienten über 40 mm Hg, aber auch nur 57 % der Patienten unter 40 mm Hg. Über 3,5 mV erscheinen alle Patienten mit einem Gradienten über 40 mm Hg, aber auch 43 % der Patienten mit einem Gradienten unter 40 mm Hg.

Klinisch relevanter in Bezug auf die Notwendigkeit einer Herzkatheteruntersuchung scheint die Grenze bei 50 mm Hg zu sein. Auch hier erscheinen über 3,5 mV alle Patienten mit einem Druckgradienten über 50 mm Hg, aber auch 64 % der Patienten, deren Gradient unter 50 mm Hg liegt.

Wir können mit dieser Methode zwar aussagen, daß Patienten mit einem Sokolow-Index unter 3,5 mV aller Voraussicht nach keinen Druckgradient über 40 mm Hg aufweisen, umgekehrt erfassen wir bei Patienten mit einem Sokolow-Index über 3,5 mV zwar alle Patienten mit einem Gradienten über 50 mm Hg, aber auch 64 % der Patienten mit einem Gradienten unter 50 mm Hg bzw. 43% mit einem Gradienten unter 40 mm Hg.

Wir können somit zwar für höhere Gradienten eine recht genaue Aussage treffen, müssen aber bei den niedrigeren Gradienten eine recht hohe Fehlerquelle mit in Kauf nehmen.

2. Bei isolierter Betrachtung der Höhe der S-Zacke in V_1 bei allen 17 Patienten ergab sich ein durchschnittlicher Wert von 2,08 mV, wobei der kleinste Wert von 0,8 mV dem Gradienten 25 und 30 mm Hg und der größte Wert von 4,3 mV dem größten Gradienten von 155 mm Hg entsprach.

Gradient (mm Hg)	< 50	50 - 100	> 100
Durchschnittswerte (mV)	1,88	2,125	3,15

Tab. 11) Durchschnittswerte der S-Zacke in V_1 in Relation zu den ausgewählten Gradientengruppen.

Die Durchschnittswerte lassen zwar eine aufsteigende Tendenz vermuten, doch die Tatsache, daß bei Gradienten unter 50 mm Hg eine Streuung der Sv_1 -Werte bis 3,4 mV zu beobachten ist, mindert den klinischen Wert dieses Kriteriums, was auch der relativ niedrige Korrelationskoeffizient von $r = 0,48$ bestätigt. (vgl. Abb. 20)

Ziegler gibt in seiner Tabelle (43) Normalwerte für die Höhe von Sv_1 in Abhängigkeit vom Lebensalter der Patienten an. Wir verglichen nun die Werte unserer Patienten mit den jeweiligen Normalwerten von Ziegler und setzten die Abweichung unserer Werte in Prozent von den Normalwerten ($\pm 100\%$) in Beziehung zu den gemessenen Druckgradienten. (vgl. Abb. 21) Dadurch erreichten wir eine Verbesserung der Korrelation auf $r = 0,57$, jedoch war es wegen der hohen Streuung nicht möglich, eine klinisch relevante Trennlinie zwischen hohen und niederen Gradienten zu finden.

3. Stoermer und Heck haben ähnlich wie Sokolow einen Index zur Beurteilung der Hypertrophie des linken Herzens entwickelt, speziell gültig für Kinder, mit verschiedenen Normalwerten bzw. obersten Grenzwerten in verschiedenen Altersstufen.

Wir haben diesen Index, bestehend aus der Summe von S in V_2 und R in V_5 bei allen 17 Patienten bestimmt und setzten die prozentuale Abweichung vom Stoermer-Heck-Grenzwert der jeweiligen Altersstufe in Beziehung zum gemessenen Druckgradienten zwischen linkem Ventrikel und Aorta (vgl. Abb. 22)

Wir errechneten für diese Beziehung einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,20$, der aber kaum eine Tendenz dieser Beziehung erkennen läßt.

Versucht man eine klinisch relevante Trennlinie zu finden und teilt die Abszisse bei 30 % über Normalwert, so erfaßt man unter 30 % alle Patienten mit einem Gradienten unter oder gleich 50 mm Hg, allerdings auch zwei Patienten mit 85 und 115 mm Hg. Über 30 % erfaßt man alle übrigen Patienten mit einem Gradienten über 50 mm Hg.

Dies zeigt, daß für die schlechte Signifikanz dieses Kriteriums vornehmlich die beiden extremen Ausnahmen mit Gradienten von 85 und 115 mm Hg verantwortlich zu machen sind. Unter Vernachlässigung dieser beiden Werte erreichen wir eine vollständige Trennung in hohe und niedrige Gradienten bei 30 % über Normalwert. Wir können durch diesen Umstand den klinischen Wert dieses Kriteriums - zwar mit Einschränkungen - entscheidend über die errechnete Signifikanz von $r = 0,20$ heben und ihm doch einen Stellenwert bei der Beurteilung der Linkshypertrophie bei Kindern zuordnen.

4. Cook-Sup-So gibt 1974 (10) als Kriterium für Linkshypertrophie die absteigende Tendenz der R-Zacken in den Extremitätenableitungen I, II und III im Sinne einer linksorientierten Lage der elektrischen Herzachse an.

Wir untersuchten dieses Kriterium bei allen 17 Patienten, fanden es aber nur bei einem Patienten bestätigt, der auch noch einen Gradienten von 0 mm Hg besaß. Somit konnten wir die Aussage Cook-Sup-Sos nicht bestätigen.

5. Ähnlich verhielt es sich mit dem Kriterium Cook-Sup-Sos, das für die Linkshypertrophie ein Ansteigen der T-Zackenwerte in den Extremitätenableitungen voraussagt. Wir fanden $T I < T II < T III$ nur bei einem einzigen Patienten mit einem Gradienten von 85 mm Hg bestätigt.
6. Wir untersuchten auch die These Cook-Sup-Sos, daß negative T-Zacken in V_5 oder V_6 kombiniert mit einer konvexbogenförmigen Senkung der ST-Strecke in den selben Ableitungen für eine Hypertrophie des linken Ventrikels im Sinne einer bereits eingesetzten koronaren Minderdurchblutung sprechen.

Von unseren 17 Patienten wies nur einer diese Veränderungen auf, allerdings hatte er einen Druckgradienten von 155 mm Hg, bei allen anderen Patienten konnten keine negativen Ts in V_5 oder V_6 festgestellt werden. Wenn wir davon ausgehen, daß wir 6 Patienten mit Druckgradienten über 50 mm Hg, also signifikanten Aortenstenosen untersuchten, kann dieses Kriterium im äußersten Falle für sehr schwere Aortenstenosen mit bereits eingetretenen schweren Schäden des Herzmuskels verwandt werden.

III) Phonokardiographische Kriterien

1. Wir untersuchten den Abstand zwischen dem Beginn des Kammerkomplexes (Q) und dem sog. Ejektion-Click, der bei der Austreibung des Blutes aus dem linken Ventrikel durch die plötzliche Anspannung der adhären ten Klappensegel bei maximaler Öffnung entsteht. Wir haben bei 16 Patienten diesen Abstand gemessen und einen Durchschnittswert von 0,105 sec. errechnet.

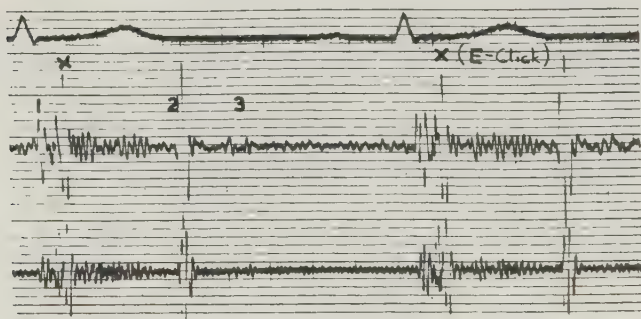


Abb. 23) Der Ejektion-Click im Phonokardiogramm. (36)

Dabei fanden wir bei den beiden größten gemessenen Gradienten (85 mm Hg und 155 mm Hg) die kleinsten Q-Klick-Abstände (0,07 und 0,08 sec.) und bei dem kleinsten Gradienten (0 mm Hg) den zweitgrößten Q-Klick-Abstand mit 0,12 sec. Das läßt eine Tendenz vermuten, im Sinne einer umgekehrt proportionalen Zuordnung von Gradient und Q-Klick-Abstand, doch konnten wir keine nennbare Signifikanz dieser Beziehung errechnen.

2. Bei 11 Patienten konnten wir die Länge der Spaltung des zweiten Herztones messen und fanden für die zeitliche Differenz des Klappenschlusses zwischen Aorten- und Pulmonalklappe einen Durchschnittswert von 21,3 msec. Wenn wir die Durchschnittswerte der einzelnen Gradientengruppen betrachten, ergibt sich eine klar absteigende

Tendenz für die Spaltungswerte.

Gradient (mm Hg)	< 50	50 - 100	> 100
Durchschnittswerte (msec.)	24	20	10

Tab. 12) Spaltung des zweiten Herztones in Relation zu den ausgewählten Gradientengruppen.

Für die Beziehung zwischen der Breite der Spaltung des zweiten Herztones und dem Druckgradienten errechneten wir einen Korrelationskoeffizienten von $r = - 0,79$, der eine sehr hohe Signifikanz dieses Kriteriums bestätigt. (vgl. Abb. 24)

Wenn wir eine Trennlinie bei 20 msec. ziehen, erhalten wir in Bezug auf die klinischen Konsequenzen eine klare Aussage. Unter 20 msec. befinden sich 100 % der Patienten mit Gradienten über 50 mm Hg und über oder gleich 20 msec. erfassen wir alle Patienten mit einem Gradienten unter oder gleich 50 mm Hg.

Durch dieses Kriterium läßt sich eine brauchbare Aussage bei der Unterscheidung von höheren und niederen Druckgradienten treffen.

- Als letztes phonokardiographisches Kriterium untersuchten wir die Lage des Geräuschmaximums in Relation zur Länge des spindelförmigen Systolikums bei allen 17 Patienten. Wir fanden, daß durchschnittlich nach 44 % der Länge des Systolikums das Geräuschmaximum erreicht wurde.

Dabei fanden wir Werte von 23 % bis 58 %, was bezogen auf Gradientengruppen folgendes Bild ergab:

Gradient (mm Hg)	< 50	50 - 100	> 100
Geräuschmaximum bei	42 %	44 %	54 %

Tab. 13) Lage des Geräuschmaximums in Relation zur Länge des Systolikums verglichen mit den ausgewählten Gradientengruppen.

Es ist zwar eine aufsteigende Tendenz der Durchschnittswerte erkennbar, jedoch der errechnete Korrelationskoeffizient von $r = 0,32$ zeigt kaum eine Signifikanz. (vgl. Abb. 25)

Wenn wir nun wieder versuchen, eine klinisch brauchbare Einteilung zu finden, so können wir zum Beispiel bei 45 % als Trennlinie folgende Aussage machen:

<45 % werden alle Gradienten unter oder gleich 50 mm Hg erfaßt, mit einer Ausnahme bei 85 mm Hg

>45 % werden alle Gradienten über und gleich 40 mm Hg erfaßt, mit einer Ausnahme bei 0 mm Hg.

Somit läßt sich dieses Kriterium zusätzlich zu anderen, aussagekräftigeren Kriterien durchaus bei der Beurteilung des Schweregrades von valvulären Aortenstenosen mit heranziehen.

IV) Klinische Kriterien

Wir untersuchten bei unseren 17 Patienten auch zwei klinische Befunde, und zwar die Lautstärke des systolischen Geräusches, bei dem die imponierende Lautstärke mit einer Skala von I - VI ausgedrückt wird und ein Schwirren, das bei Patienten mit Aortenstenosen im 2. ICR rechts, im Jugulum oder über den Carotiden fühlbar ist.

1. Bei den Geräuschgradienten, die durch Auskultation über dem Herzen festgelegt wurden, ergab sich folgende Einteilung:

Geräuschgradient (I - VI)	Druckgradient (mm Hg)
I	0 mm Hg
II - III	25 mm Hg - 45 mm Hg
III	25 - 50, 115, 155 mm Hg
III - IV	30 - 75 mm Hg
IV	50 - 85 mm Hg

Tab. 14) Relation der systolischen Geräuschgradienten zu den gemessenen Druckgradienten.

Dabei können wir eine leichte Tendenz nach oben feststellen, obwohl die beiden größten gemessenen Druckgradienten (115 mm Hg und 155 mm Hg) bereits bei dem Geräuschgradient III auf-tauchen und die Kontinuität der Tendenz empfindlich stören.

2. Das Schwirren, das bei Patienten mit Aortenstenosen palpiert werden kann, haben wir je nach Stärke in drei Gruppen einge-teilt: 0, + und ++.

Wir fanden

- 0 entsprach 1 Patienten ohne meßbarem Gradient
- + entsprach 13 Patienten mit Gradienten zwischen 25 mm Hg und 155 mm Hg
- ++ entsprach 3 Patienten mit Gradienten zwischen 40 mm Hg und 85 mm Hg.

Da der überwiegende Teil der Patienten, ganz unabhängig von den Druckgradienten ein Schwirren mit der Bezeichnung + auf-wiesen, läßt sich hier keine Tendenz in Bezug auf den Druck-gradienten aufzeigen.

Es gilt somit für diese beiden klinischen Kriterien, daß sie zwar keine Trennung in höhere und niedrigere Gradienten sig-nalisieren können, daß jedoch allein ihre Existenz (ein aus-kultierbares Systolikum bzw. ein palpierbares Schwirren) auf das Vorliegen einer Aortenstenose hindeutet.

R.C. Ellison entwickelte 1976 (16) folgende Formel zur Errechnung von zu erwartenden Druckgradienten zwischen linkem Ventrikel und Aorta im Bereich bis 50 mm Hg:

Geschätzter Druckgradient (Δp) (mm Hg) = 13 (Geräuschgradient) + Rv_6 (mV) - 6 Qv_6 (mV) - 9

Wir errechneten sodann nach dieser Formel bei unseren 17 Patienten die zu erwartenden Druckgradienten aus und überprüften den Wert dieser Formel, indem wir diese Ergebnisse zu den tatsächlich gemessenen Druckgradienten in Beziehung setzten. (vgl. Abb. 26)

Wir errechneten für diese Beziehung einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,74$ und bestätigten damit den tatsächlichen Wert dieser Formel von R.C. Ellison.

Wir können die Aussage Ellisons bekräftigen, daß Patienten mit einem zu erwartenden Druckgradienten von <30 mm Hg keinen tatsächlichen Gradienten über 50 mm Hg besitzen. Mehr noch, wir können darüber hinaus behaupten, daß bei unseren Patienten mit einem zu erwartenden Gradienten unter 40 mm Hg keiner einen tatsächlichen Gradienten über 50 mm Hg aufwies. Wir können außerdem aussagen, daß bei unseren Patienten mit einem zu erwartenden Gradienten unter 45 mm Hg kein Patient einen tatsächlichen Gradienten über 80 mm Hg besaß. Auch hier kommen wir zu einer klareren Aussage als Ellison, der im Bereich der zu erwartenden Gradienten von 30 - 45 mm Hg auch tatsächliche Gradienten über 80 mm Hg fand.

Wenn wir nun anhand dieser Ergebnisse versuchen, eine Konsequenz für die Klinik zu erarbeiten, gehen wir zunächst von den Schlüssen aus, die Ellison aus dieser Formel zog.

Er folgerte, daß bei durch diese Formel errechneten Gradienten von 30 mm Hg und mehr eine Herzkatheteruntersuchung nötig ist.

Aufgrund unserer Ergebnisse können wir, wenn wir davon ausgehen, daß die Indikation zu einer Herzkatheteruntersuchung bei einem Gradienten von ca. 50 mm Hg gestellt werden sollte, sagen, daß unter einem mit der "Ellison-Formel" errechneten Gradienten

von 30 mm Hg, in unserem Falle sogar von 40 mm Hg (was einem tatsächlichen Druckgradienten unter 50 mm Hg entspricht) eine Herzkatheteruntersuchung nicht unbedingt erforderlich ist.

DISKUSSION:

I) Vektorkardiographische Kriterien:

Wir erreichten bei der Untersuchung der Beziehung zwischen dem Druckgradienten und dem linksmaximalen Raumvektor (LMSV) nur einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,44$. Als Ursache für die schlechte Korrelation zwischen LMSV und Gradient ist einerseits sicher die geringe Anzahl der untersuchten Patienten zu nennen, andererseits der Umstand, daß die vektorkardiographischen Untersuchungen bis zu 8 Jahre nach den Herzkatheteruntersuchungen erfolgten und somit die Garantie für die Gültigkeit des Druckgradienten zum Zeitpunkt der vektorkardiographischen Untersuchung teilweise in Frage gestellt werden muß.

Dies gilt umso mehr, als andere Untersuchungen mit günstigeren Voraussetzungen auch zu besseren Ergebnissen führten. Hugenholtz, Lees und Nadas (24) führten 1962 eine Untersuchung mit 139 Kindern durch und fanden unter Verwendung eines ähnlichen Kriteriums, der Relation zwischen linksventrikulärem Druck und dem linksmaximalen Raumvektor, eine Korrelation von $r = 0,77$, bezogen auf reine valvuläre Aortenstenosen. Das selbe Kriterium verwendeten Hugenholtz und Gamboa (25) 1964 bei einer Studie über 50 Patienten zwischen 6 und 27 Jahren mit reinen valvulären Aortenstenosen. Sie erreichten einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,85$ und postulierten eine obere Normalgrenze von 1,82 mV. Unsere postulierten Grenzwerte von 1,5, 2,0 bzw. 3,0 mV erreichten allerdings keine entscheidende Signifikanz in Bezug auf die Trennung einzelner Gradientengruppen. Gamboa, Hugenholtz und Nadas (18) fanden 1965 im Rahmen einer Untersuchung von 30 Patienten zwischen 5 und 21 1/2 Jahren mit reinen valvulären Aortenstenosen unter Verwendung des selben Kriteriums (linksventrikulärer Druck gegen den linksmaximalen Raumvektor) sogar einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,88$. Ellison und Restieaux (14) erstellten 1972 bei einer Studie über 100 Patienten mit valvulären Aortenstenosen ebenfalls Grenzwerte, die, altersabhängig (von 2 bis 15 Jahre) zwischen 2,0 und 2,6 mV schwankten.

Für den Quotienten aus dem 10 msec. Initialvektor und dem LMSV ergab sich bei unseren Untersuchungen eine klare, umgekehrt proportional zum Druckgradienten verlaufende Tendenz, was durch den Korrelationskoeffizienten von $r = 0,78$ bestätigt wird. Ellison und Restieaux (14) fanden 1972 ebenfalls eine umgekehrt proportionale Beziehung zwischen dem Quotienten aus dem 10 msec. Initialvektor und dem LMSV zum Druckgradienten zwischen dem linken Ventrikel und der Aorta. Sie postulierten darüber hinaus als Normalwert dieses Quotienten für ein Lebensalter von über 2 Jahren 0,25, der sich mit unseren Ergebnissen vereinbaren läßt.

Bei der Berechnung des Quotienten aus dem 20 msec. Initialvektor und dem LMSV und dessen Beziehung zum Druckgradienten konnten wir keine klare Relation ($r = 0,33$) ableiten. Als Mittelwert für den Quotienten errechneten wir 0,46, was mit einer Arbeit von Ellison und Restieaux (14) übereinstimmt, die 1972 für den selben Quotienten im Durchschnitt 0,43 errechneten.

Die Untersuchung der Abweichung des LMSV von der x-Achse in Projektion auf die Horizontalebene (Azimuth) erbrachte in der Beziehung zum Druckgradienten keine Tendenz ($r = 0,08$!). Hugenholtz, Lees und Nadas (24) führten 1962 eine Untersuchung an Kindern mit Aortenstenosen durch und fanden für den Azimuth als Durchschnittswert aller Kinder 339° (wir errechneten für den Durchschnittswert des Azimuth 325°), wobei der Durchschnittswert bei Kindern mit einem Druckgradienten über 40 mm Hg bei 338° lag. Also auch hier ließ sich keine Korrelation zwischen Azimuth und dem Druckgradienten herstellen, während Ellison und Restieaux (14) 1972 eine lineare Abnahme des Azimuth bei ansteigendem linksventrikulärem systolischem Druck feststellten. Bei einem Normalwert von $335 - 353^\circ$ fanden sie folgende Beziehung zwischen dem systolischen Druck im linken Ventrikel und dem Azimuth:

Systolischer Druck (mm Hg)	-130	131-160	161-200	>200
Durchschnittlicher Azimuth	341°	331°	317°	304°

Tab. 15) Von Ellison und Restieaux gefundene umgekehrt proportionale Beziehung zwischen systolischem Druck und durchschnittlichem Azimuth

Die Untersuchung der Abweichung des LMSV von der z-Achse in Projektion auf die Sagittalebene (Elevation) ließ keine klare Tendenz in Relation zu den jeweilig gemessenen Druckgradienten erkennen ($r = 0,41$). Der Durchschnittswert lag bei $40,35^{\circ}$. Ellison und Restieaux (14) fanden 1972 bei einer Untersuchung mit 100 Patienten von 0 - 32 Jahren einen Durchschnittswert von 45° , allerdings auch ohne eindeutige Tendenz bezüglich der Druckverhältnisse im linken Ventrikel. In dieser Arbeit stellten Ellison und Restieaux an einer Kontrollgruppe von gesunden Patienten die Normalwerte der Elevation für bestimmte Altersgruppen auf. Unter Verwendung dieser Normalwerte bzw. der prozentualen Abweichung von diesen Beziehung zum Druckgradienten erreichten wir dann eine bessere Signifikanz dieses Kriteriums ($r = 0,52$).

Bei der Errechnung der Dauer des QRS-Kammerkomplexes ergab sich ein Durchschnittswert von 71,47 msec., allerdings ohne erkennbare Tendenz in Relation zu den gemessenen Druckgradienten. Ellison und Restieaux (14) fanden 1972 einen Durchschnittswert von 74 msec., ohne jedoch eine Korrelation zwischen QRS-Dauer und dem Druck im linken Ventrikel nachweisen zu können.

Die Zeit, die der linksventrikuläre Raumvektor benötigt, seine maximale Ausdehnung im Raum zu erreichen, betrug bei unseren Messungen im Durchschnitt 34 msec. ohne klar erkennbare Tendenz. Ellison und Restieaux (14) ermittelten 1972 einen Durchschnittswert von 38 msec., konnten aber keine Beziehung zum linksventrikulären Druck herstellen.

II) Elektrokardiographische Kriterien:

Wir untersuchten die Summe der Höhe der elektrokardiographischen Potentiale von S in V_1 und R in V_5/V_6 (Sokolow-Index) und fanden einen Durchschnittswert von 4,4 mV. Die errechnete Beziehung

zwischen dem Druckgradienten und dem Sokolow-Index ergab eine klar ansteigende Tendenz (Korrelationskoeffizient $r = 0,62$). Romhilt und Bove (37) untersuchten 1969 in Ohio bei 160 Patienten mit Linkshypertrophie (Linkshypertrophie als Maß für den Schweregrad von Aortenstenosen (41, 27)) 33 verschiedene EKG-Kriterien auf ihre Gültigkeit und fanden den Sokolow-Index als eine der aussagekräftigsten Kriterien. Auch J.D. Hertton und S. Sherber betrachten 1976 von den EKG-Kriterien speziell den Sokolow-Index als gute Grundlage zur Bestimmung des Schweregrades der Linkshypertrophie des linken Ventrikels (21). Bennett und Evans (3) haben 1974 speziell den Sokolow-Index auf seinen spezifischen Bezug zum Schweregrad der Linkshypertrophie untersucht und mit der echokardiographisch gemessenen Masse des linken Ventrikels verglichen. Sie erreichten einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,73$.

Die isolierte Betrachtung der Höhe der S-Zacke in V_1 ergab einen durchschnittlichen Wert von 2,08 mV bei zwar aufsteigender Tendenz, aber nicht eindeutiger Signifikanz. Dabei fanden wir bei schweren Aortenstenosen (Druckgradient über 100 mm Hg) Werte für S in V_1 über 3 mV, was mit den Messungen von W.H. Weidmann 1977 übereinstimmt, der für den Fall einer schweren Obstruktion der Aortenklappen Werte für S in V_1 von über 3 mV angibt (41).

Für den Stoermer-Heck-Index ($SV_2 + RV_5$) bzw. dessen Beziehung zu den jeweils gemessenen Druckgradienten errechneten wir einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,20$. Eine relevante Signifikanz dieser Beziehung war nicht nachzuweisen. Gamboa, Hugenholtz und Nadas (18) haben 1964 den Stoermer-Heck-Index bei 30 Patienten mit valvulären Aortenstenosen mit dem linksventrikulären Druck verglichen und ebenfalls nur eine Signifikanz von $r = 0,48$ erreicht.

Negative T-Zacken mit konvexbogig absteigender ST-Strecke konnten nur bei einem Patienten mit einem Druckgradienten

von 155 mm Hg festgestellt werden. Auch W.H. Weidmann (41), H.R. Wagner und W.H. Weidmann (39) und R.C. Ellison und H.R. Wagner (15) fanden einen abnormen Verlauf der T-Welle im Negativbereich nur bei extrem schweren valvulären Aortenstenosen.

III) Phonokardiographische Kriterien:

Wir untersuchten den Abstand zwischen dem Beginn des Kammerkomplexes (Q) und dem sog. Ejektion-Klick. Der Ejektion-Klick entsteht durch die plötzliche Anspannung der adhärennten Klap-pensegel bei maximaler Öffnung in Verbindung mit der plötzlichen Beschleunigung der Blutsäule in der Aorta und den dadurch entstehenden Vibrationen (40). Wir fanden für den Durchschnittswert des Abstandes zwischen Q und dem Ejektion-Klick 0,105 sec. und eine angedeutete Tendenz im Sinne einer umgekehrt proportionalen Zuordnung von Gradient und Q-Klick-Abstand, jedoch ohne relevante Signifikanz. Die Erfahrung, daß die Q-Klick-Abstände bei größeren Druckgradienten kleiner werden bzw. ein Ejektion-Klick nicht mehr nachweisbar ist, steht in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von E.W. Hancock (20), der einen Ejektion-Klick bei bereits kalzifizierten Aortenklappen (nachweisbar bei sehr schweren Aortenstenosen) phonokardiographisch nicht mehr nachweisen konnte. Farru und Duffan (17) gaben 1972 bei einer Untersuchung von 14 Patienten mit valvulären Aortenstenosen keine Signifikanz an, sondern nur einen Q-Klick-Durchschnittswert von 0,116 sec. Reinhold und Rudhe (36) fanden 1965 bei 15 Patienten mit valvulären Aortenstenosen ebenfalls keine signifikante Beziehung zwischen Druckgradient und Q-Klick-Abstand, aber einen durchschnittlichen Wert von 0,1 sec.

Weiterhin untersuchten wir den zeitlichen Abstand zwischen Aorten- und Pulmonalkomponente des zweiten Herztones. Die Ursache der Aortenkomponente des zweiten Herztons im Phonokardiogramm wird von S. Hirschfeld und J. Liebmann (22) im Aortenklappenschluß (im Sinne der Inzision in der Aortendruckkurve) gesehen. Andere Autoren, wie z.B. J.A. Paraskos und L.A. Montesclaros (35) sehen die Aortenkomponente des zweiten Herztones als Ausdruck einer Spannung an den schon geschlossenen Aortenklappen durch den plötzlichen Stopp der Blutsäule. Diese Ansicht wird unterstützt durch Messungen von A.A. Luisada und B. Coleman (29), die 1976 durch intrakardiale phonokardiographische Messungen nachwiesen, daß die Aortenkomponente des zweiten Herztones erst einige msec. nach dem tatsächlichen Aortenklappenschluß aufgezeichnet wird. Wir fanden als Durchschnittswert für die Spaltung des zweiten Herztones 21,3 msec. Außerdem eine klar absteigende Tendenz im Sinne einer umgekehrt proportionalen Relation zu den jeweils gemessenen Druckgradienten ($r = - 0,79$).

Die absteigende Tendenz der Spaltung des zweiten Herztones bei höheren Druckgradienten steht in Übereinstimmung mit den Aussagen von R.C. Ellison und H.R. Wagner (15), die nachwiesen, daß bei sehr hohen Druckgradienten eine Spaltung des zweiten Herztones oft nicht mehr vorhanden ist. Reinhold und Rudhe (36) fanden 1965 einen Durchschnittswert der Spaltung des zweiten Herztones von 20 msec., außerdem einen Normalwert bei gesunden Kindern von 40 msec., was sinngemäß durch unsere Ergebnisse bestätigt werden kann.

Die Lage des Geräuschmaximums in Relation zur Länge des spindelförmigen Systolikums wurde untersucht und errechnet, daß durchschnittlich nach 44 % der Breite des Systolikums das Geräuschmaximum erreicht wurde. Es ergab sich eine aufsteigende Tendenz der Prozentualwerte, jedoch keine klare Signifikanz ($r = 0,32$).

A.J. Bonner und H. Snacks (4) untersuchten 1973 47 Patienten mit valvulären Aortenstenosen und kamen zu dem Ergebnis, daß ein Wert über 48 % für das systolische Geräuschmaximum auf das Vorliegen einer Aortenstenose hindeutet. Unser Grenzwert als

Trennungslinie in höhere und niedrigere Gradienten lag bei 45 %.

Wir wollen zum Abschluß unserer Diskussion über die Brauchbarkeit der verschiedenen Kriterien für die Beurteilung des Schweregrades von valvulären Aortenstenosen 3 Patienten mit verschiedenen Druckgradienten herausgreifen und anhand von 4 sehr signifikanten Kriterien versuchen, diese 3 Patienten im Hinblick auf eine notwendige Herzkatheteruntersuchung, deren Indikation wir ja mit all diesen Kriterien zu objektivieren suchten, zu beleuchten. Die Druckgradienten der 3 Patienten betrugen 155 mm Hg (Abb. 27), 115 mm Hg (Abb. 28) und 50 mm Hg (Abb. 29).

Wir wählten 4 Kriterien aus und versuchten anhand unserer Grenzwerte zwischen niedrigen und hohen Druckgradienten eine Indikation zur Katheteruntersuchung zu stellen.

Katheteruntersuchung

Kriterium	nein	ja
Ellison-Formel	30 mm Hg	45 mm Hg
LMSV	3 mV	3 mV
Sokolow-Index	3,5 mV	3,5 mV
Spaltung des 2. Herztones	20 msec.	20 msec.

Tab. 16) Ausgewählte Kriterien und Indikationsstellung zur Herzkatheteruntersuchung.

Wir bedienten uns nun der Kriterien und Grenzwerte von Tabelle 15 und verglichen sie mit den gemessenen Werten der einzelnen Kriterien unserer 3 ausgewählten Patienten.

Patient A	(Gradient 155 mm Hg)	Herzkatheter- untersuchung
Ellison-Formel	54 mm Hg	ja
LMSV	3,38 mV	ja
Sokolow-Index	7,7 mV	ja
Spaltung des 2. Herz- tons	10 msec.	ja

Tab. 17) Untersuchungsergebnisse von Patient A und ihre Bedeutung im Hinblick auf eine Indikation zur Herzkatheteruntersuchung.

Patient B	(Gradient 115 mm Hg)	Herzkatheter- untersuchung
Ellison-Formel	51,5 mm Hg	ja
LMSV	3,11 mV	ja
Sokolow-Index	4,2 mV	ja
Spaltung des 2. Herz- tons	10 msec.	ja

Tab. 18) Untersuchungsergebnisse von Patient B und ihre Bedeutung im Hinblick auf eine Indikation zur Herzkatheteruntersuchung.

Patient C	(Gradient 50 mm Hg)	Herzkatheter- untersuchung
Ellison-Formel	47 mm Hg	ja
LMSV	3,58 mV	ja
Sokolow-Index	5,1 mV	ja
Spaltung des 2. Herz- tons	20 msec.	nein

Tab. 19) Untersuchungsergebnisse von Patient C und ihre Bedeutung für eine Indikationsstellung zur Herzkatheteruntersuchung.

Bei den beiden Patienten mit hohen Druckgradienten empfehlen jeweils alle vier Kriterien eine Herzkatheteruntersuchung, während beim dritten Patienten mit einem Gradienten im Grenzbereich bereits ein Kriterium die Katheteruntersuchung ablehnt und somit auch hier deutlich wird, daß man sich in einer Übergangszone zwischen zwei klaren Entscheidungen befindet.

ZUSAMMENFASSUNG:

Wir haben in unserer Arbeit die verschiedensten Kriterien auf ihre Tauglichkeit hin untersucht und versucht, durch sie eine brauchbare Einschätzung des Schweregrades von angeborenen valvulären Aortenstenosen zu erreichen.

Unsere Kriterien haben wir aus folgenden Bereichen gewählt: aus der Vektorkardiographie, der Elektrokardiographie, der Phonokardiographie und der klinischen Untersuchungstechnik, und wir wollten durch vergleichende Untersuchungen zwischen der Vektorkardiographie, die uns am genauesten in dieser Beziehung erschien, und den bisher üblichen Untersuchungstechniken, von denen die Elektrokardiographie von einigen Autoren bereits als guter Indikator angesehen wurde (11, 26), die Kriterien herausfinden, die eine Einschätzung des tatsächlichen Schweregrades von congenitalen valvulären Aortenstenosen bei Kindern am genauesten ermöglichen.

Als objektiver Maßstab dieser Untersuchung fungierte der systolische Druckgradient zwischen linkem Ventrikel und Aorta in mm Hg, der durch eine Herzkatheteruntersuchung bei allen Patienten gemessen wurde und somit den tatsächlichen Schweregrad der Stenose wiedergab. Dabei haben wir drei Kategorien aufgestellt: von 0 - 50 mm Hg leichte Stenosen, von 50 - 100 mm Hg mittelschwere Stenosen und über 100 mm Hg schwere Stenosen (39).

Bei der Interpretation unserer Untersuchungsergebnisse lag uns in Bezug auf die klinischen Konsequenzen eines ganz besonders am Herzen: Kindern eine Herzkatheteruntersuchung zu ersparen, deren Schweregrad ihrer Aortenstenosen, aufgrund nicht invasiver Untersuchungsmethoden genauer bestimmt, unter der Indikationsgrenze für eine Katheteruntersuchung liegen. Wir haben diese Grenze bei einem Druckgradienten von 50 mm Hg postuliert und daher auch alle unsere Kriterien dahingehend untersucht, ob sie eine Trennung in Gradienten über und unter 50 mm Hg zulassen.

Als aussagekräftigsten Kriterien haben sich erwiesen:

Aus dem vektorkardiographischen Bereich:

Der Quotient aus dem 10 msec. Initialvektor und dem linksmaximalen Raumvektor mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = - 0,78$.

Aus dem elektrokardiographischen Bereich:

Der sog. Sokolow-Index ($Sv_1 + Rv_{5/6}$) mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0,62$.

Aus dem phonokardiographischen Bereich:

Die Breite der Spaltung des 2. Herztones mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = - 0,79$.

Zudem noch die sog. Ellison-Formel:

Druckgradient = $13 (\text{Geräuschgradient}) + Rv_6 - 6 Qv_6 - 9$ mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0,74$. (Abb. 30)

Diese Kriterien haben sich als sehr aussagekräftig - ganz besonders bei kombinierter Anwendung - erwiesen, den Schweregrad einer Aortenstenose richtig einzuschätzen, jedoch ist keines dieser Kriterien in der Lage, eine exakte Korrelation ohne Fehler zu gewährleisten. Somit wird man in Zukunft noch genauere Untersuchungsmethoden als bisher anwenden müssen, um die falsch-positiven oder falschnegativen Ergebnisse noch weiter zu reduzieren, wie dies zur Zeit mit der Echokardiographie bereits möglich ist. Die Zukunft wird also nach der langjährigen Vorherrschaft der Elektrokardiographie nicht der Vektorkardiographie, sondern allem Anschein nach der Echokardiographie gehören.

ANHANG:

Es folgen nun in Reihe die Abbildungen 10-12, 14, 16-22, 24-30.

Die Abbildungen sind in englischer Sprache beschriftet, da sie für einen Vortrag beim 16. Internationalen Symposium für Vektorkardiographie in Varna, Bulgarien angefertigt wurden.

Literatur:

Müller K.D., Krayl R., Oberprieler G., Bühlmeier K.:

Pre- und postoperative vectorcardiographic assessment of gradients in congenital aortic and pulmonary stenosis.

2. International Congress on Electrocardiology.

16. International Symposium on Vectorcardiography.

Varna, Bulgarien: 10. - 13. Oktober 1975.

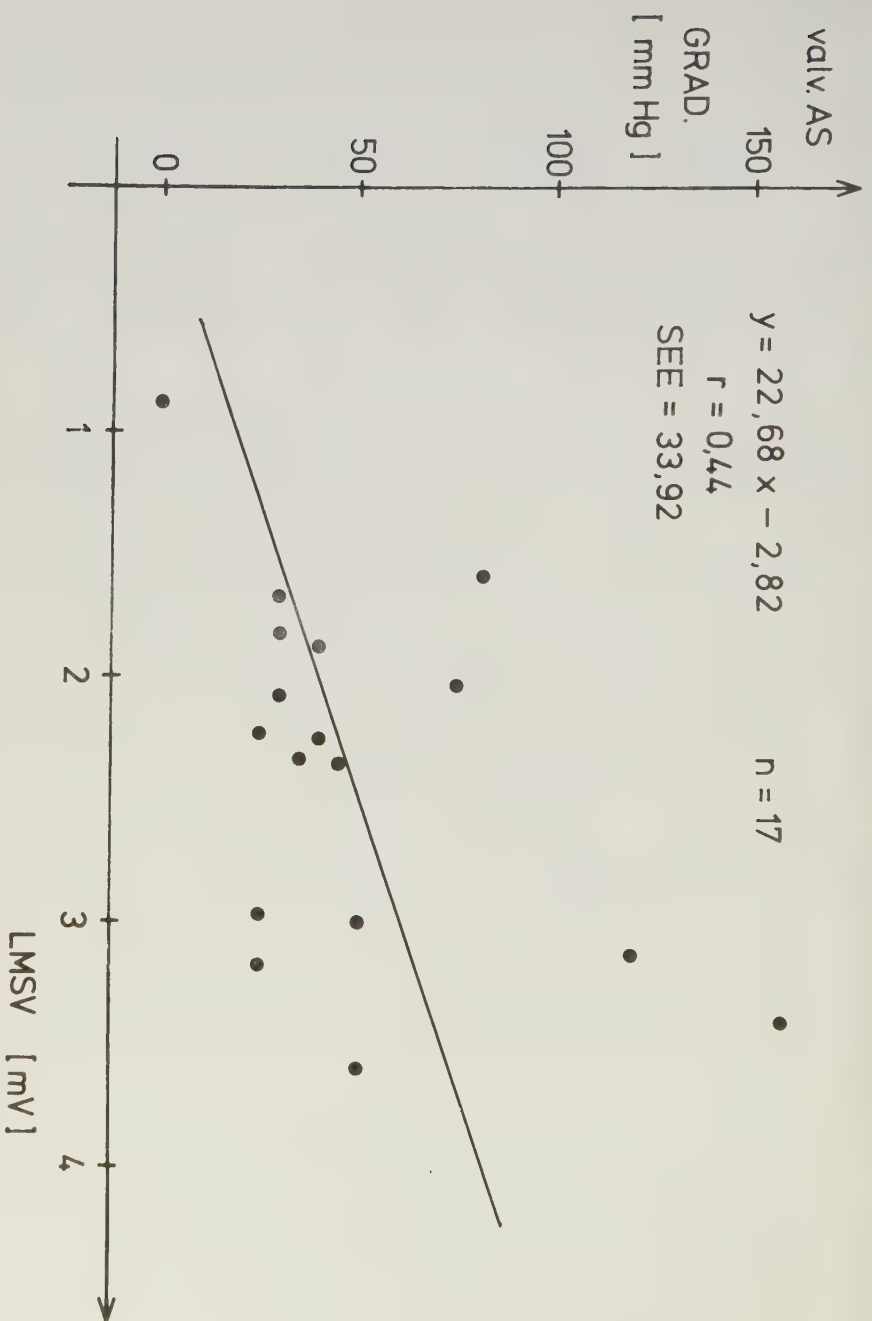


Abb. 10) Relation zwischen dem Druckgradienten und dem linksmaximalen Raumvektor (LMSV).

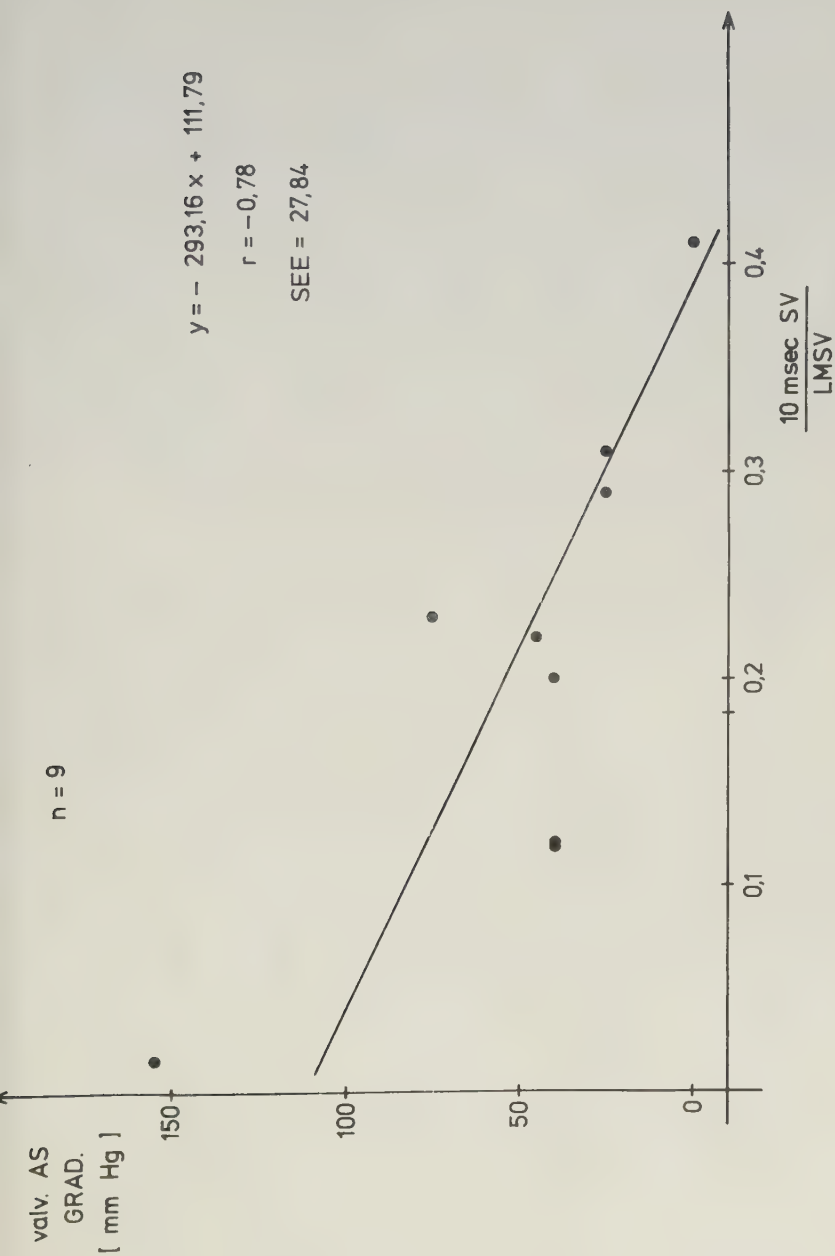


Abb. 11) Relation zwischen Druckgradient und dem Quotienten aus dem 10 msec. SV und dem LMSV.

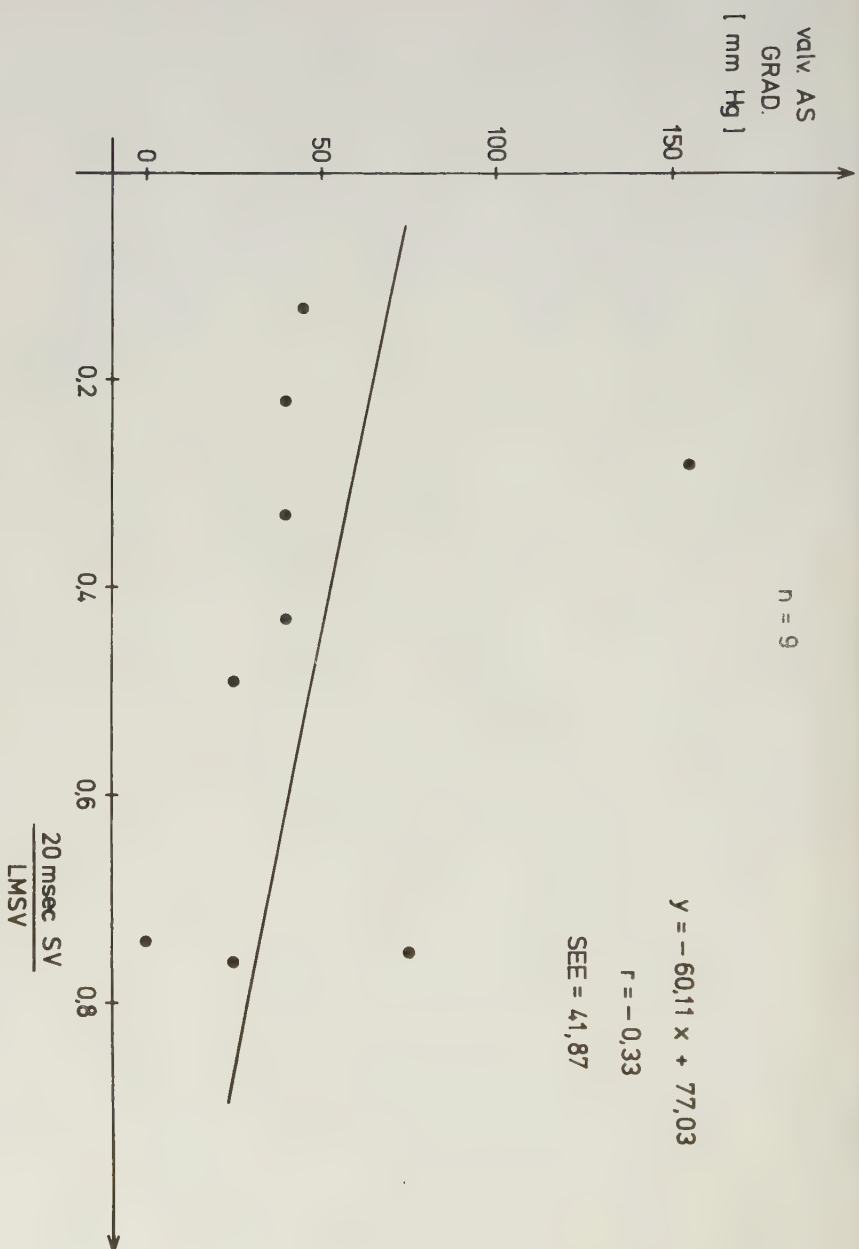


Abb. 12) Relation zwischen dem Druckgradienten und dem Quotienten aus dem 20 msec. SV und dem LMSV.

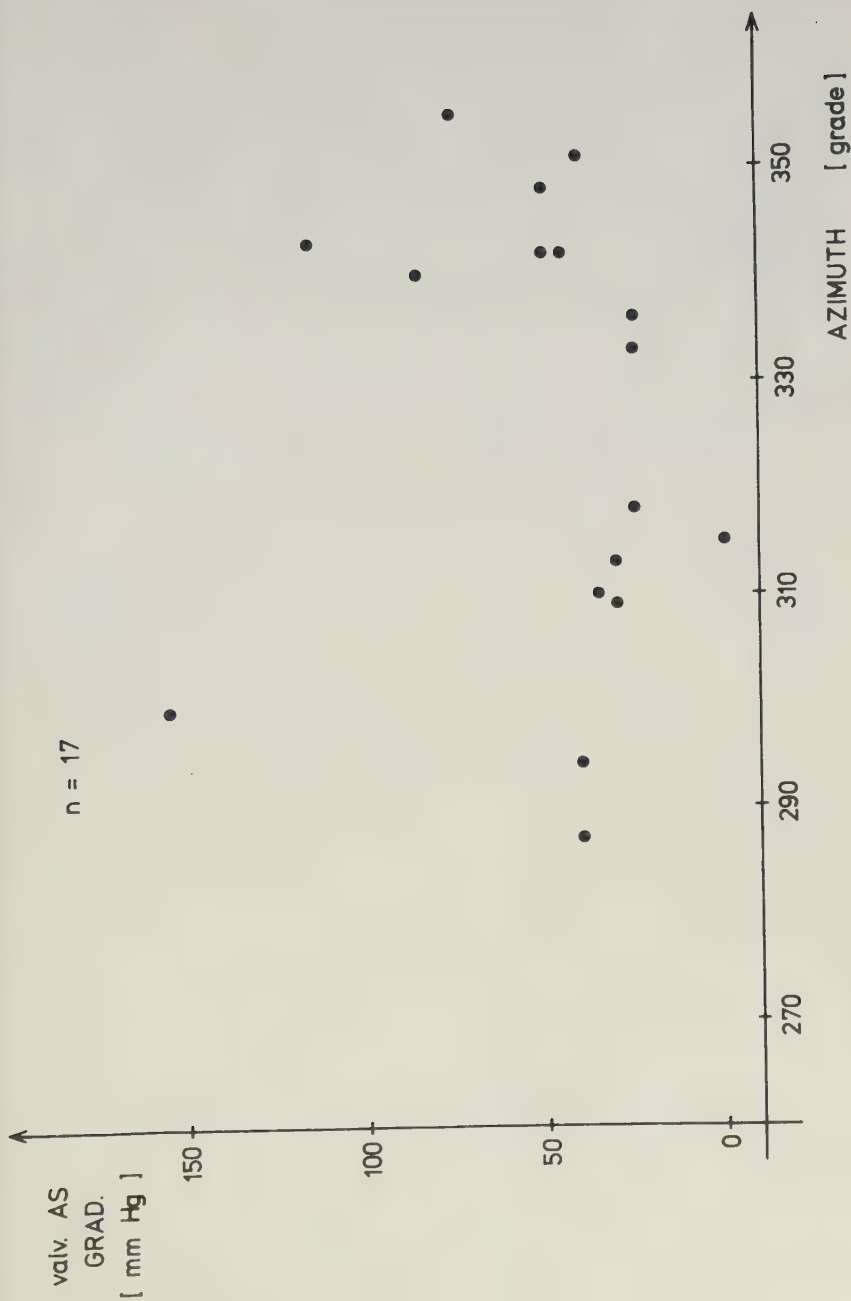


Abb. 14) Relation zwischen dem Druckgradienten und dem Azimuth.

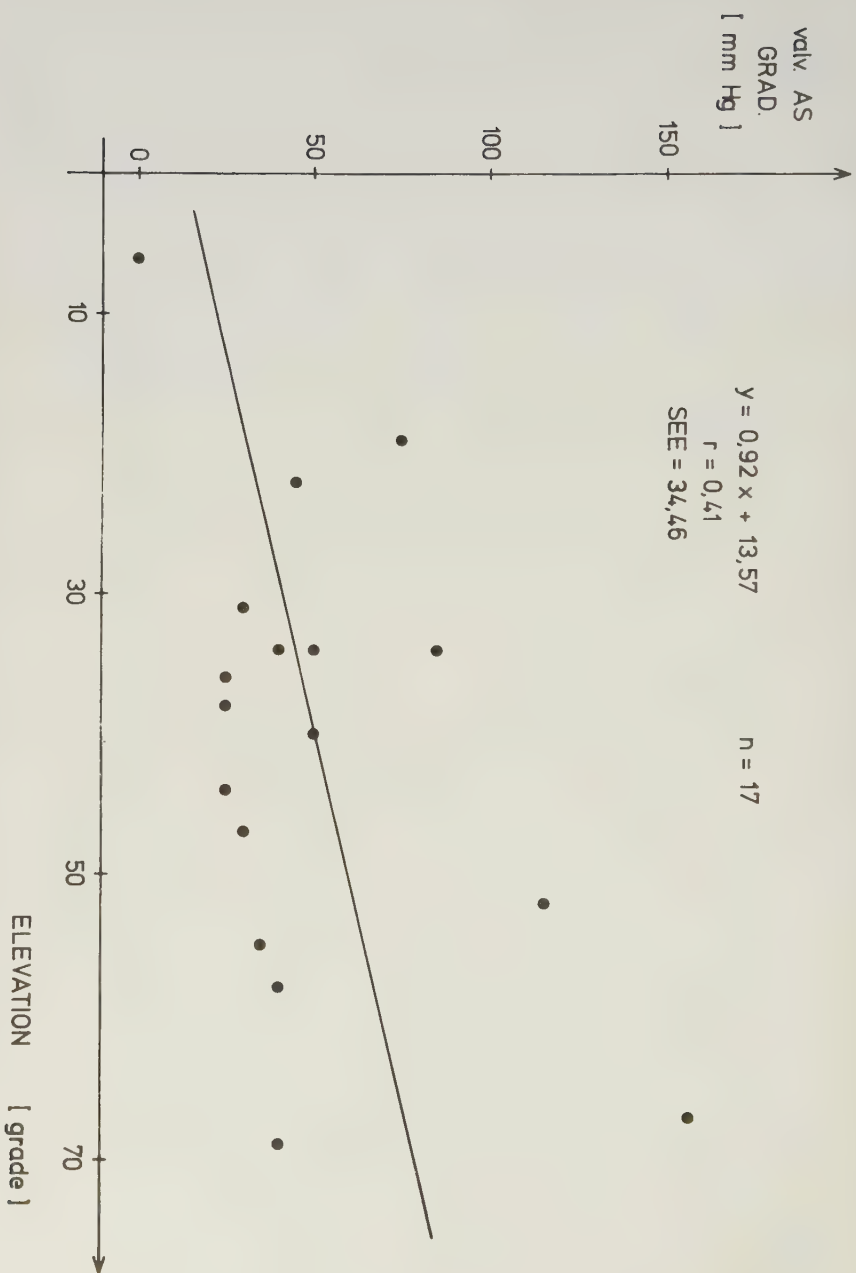


Abb. 16) Relation zwischen dem Druckgradienten und der Elevation.

valv. AS
GRAD.
[mm Hg]

$$y = 0,47 x + 51,77$$

$$r = 0,52$$

$$SEE = 32,31$$

n = 17

150 +

100 +

50 +

0 +

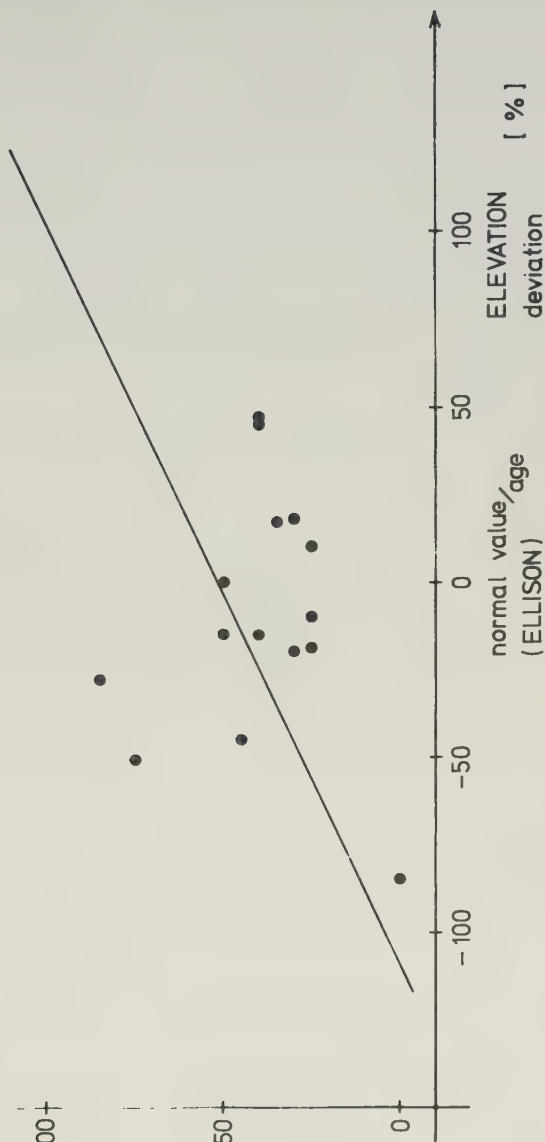


Abb. 17) Relation zwischen dem Druckgradienten und der Abweichung in % der jeweiligen Elevationswerte von einer für die jeweiligen Altersstufen erstellten Tabelle von Normalwerten (14).

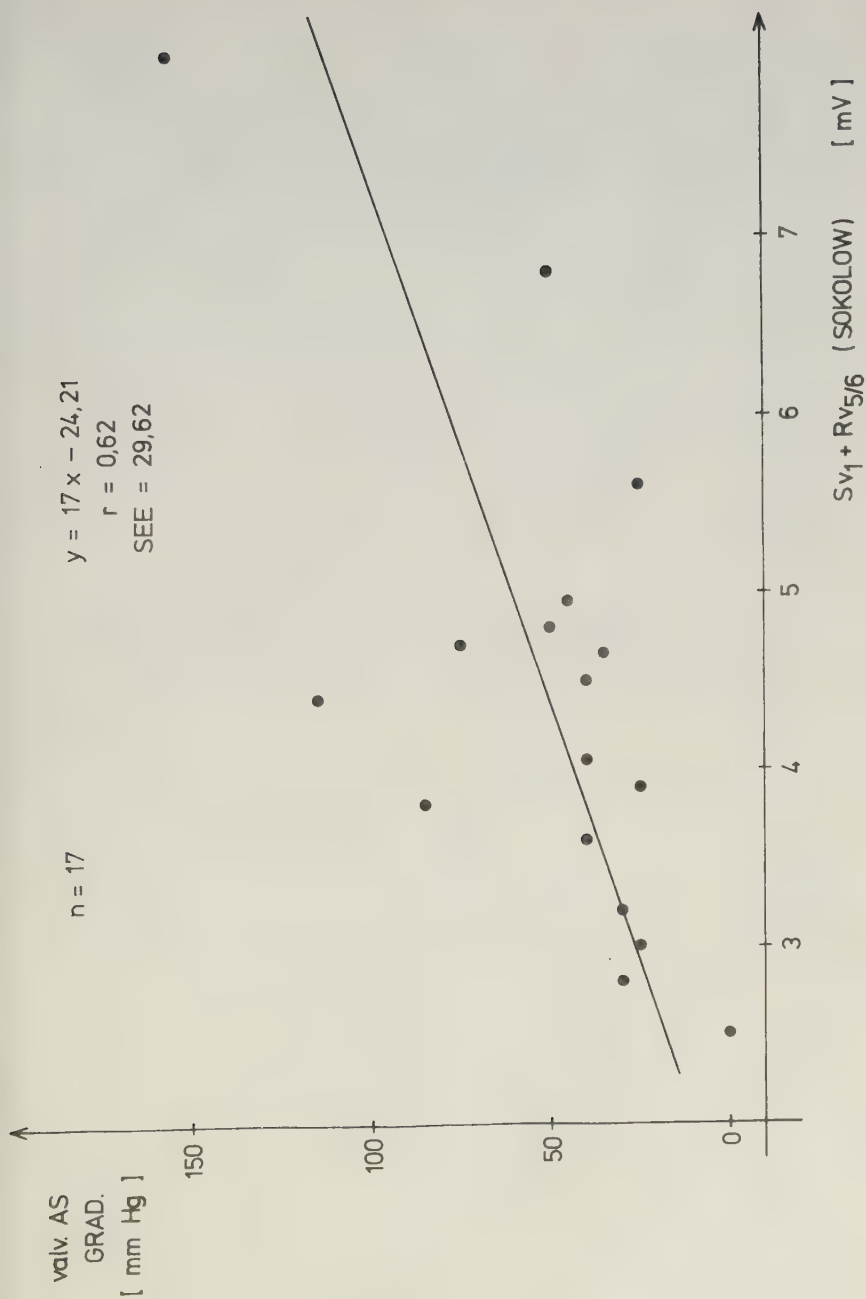


Abb. 19) Relation zwischen dem Druckgradienten und dem Sokolow-Index.

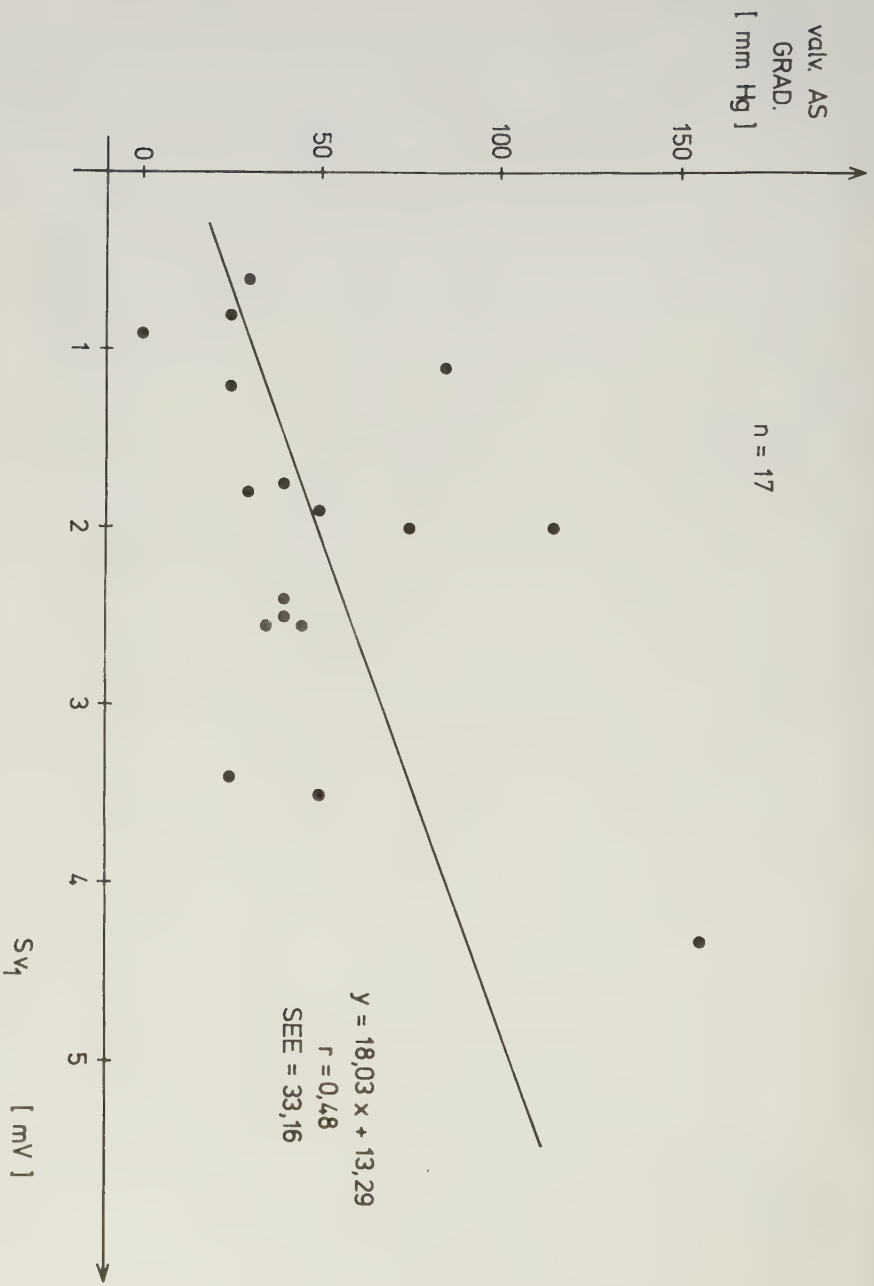


Abb. 20) Relation zwischen dem Druckgradienten und der Höhe der S-Zacke in V_1 .

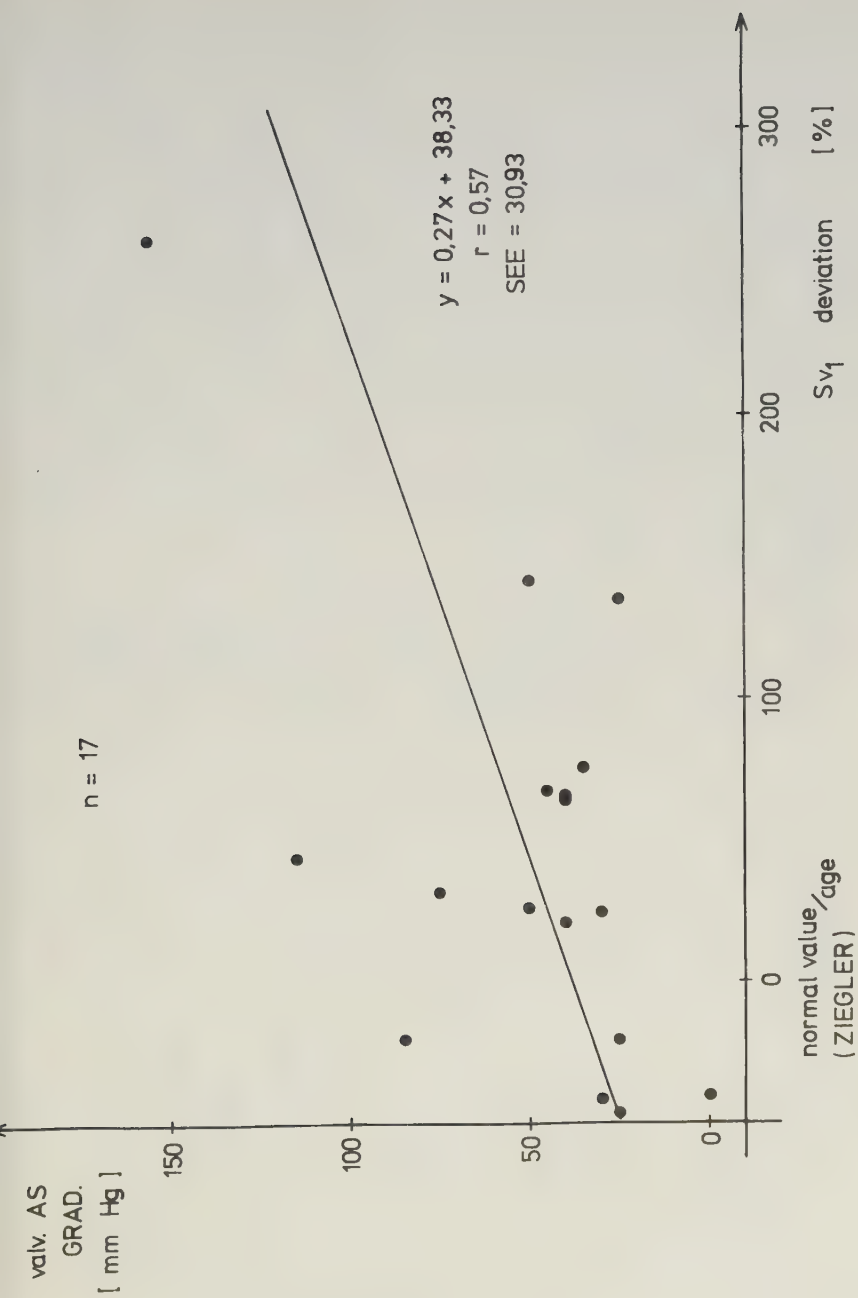


Abb. 21) Relation zwischen dem Druckgradienten und der Abweichung der Sv_I-Werte in % von den Normalwerten (100 %) von Ziegler (43).

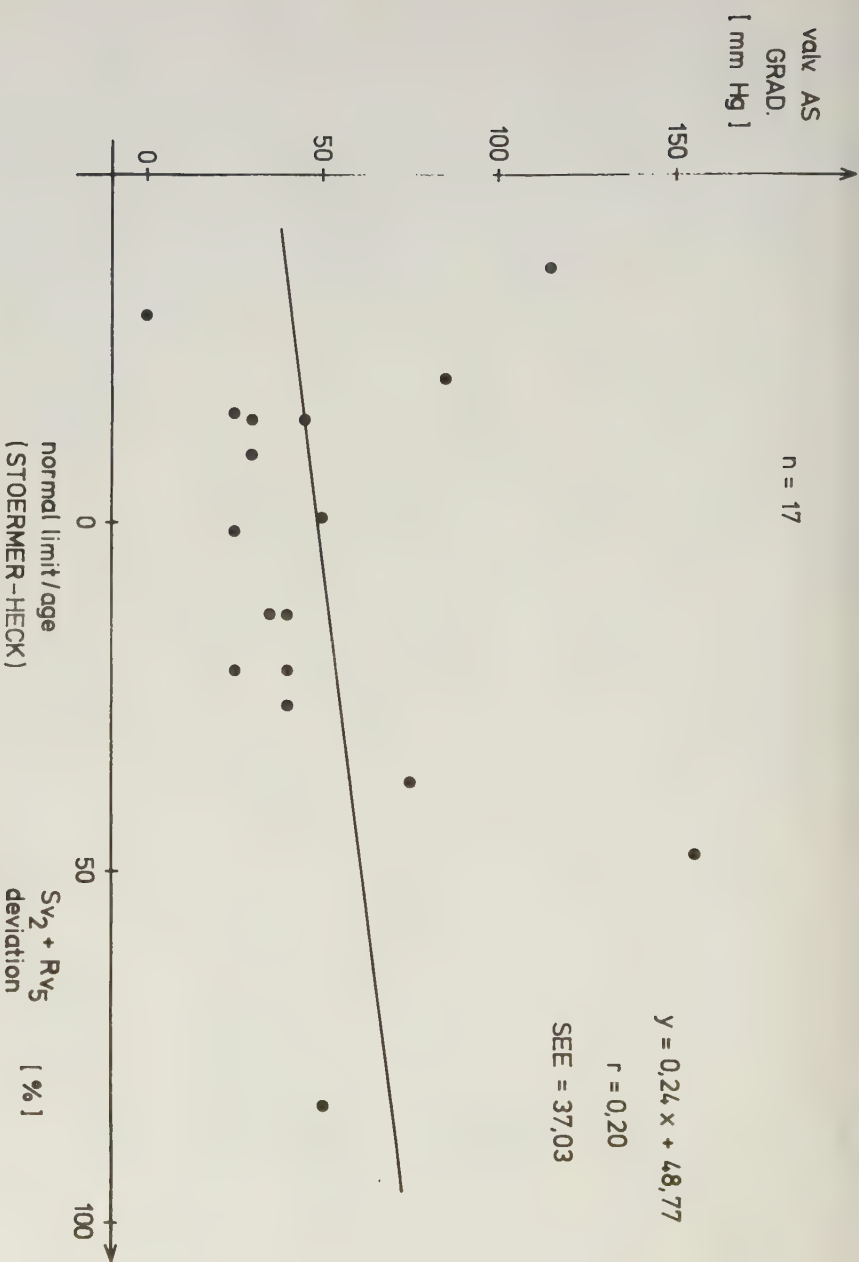


Abb. 22) Relation zwischen dem Druckgradienten und den Stoermer-Heck-Normal-
werten.

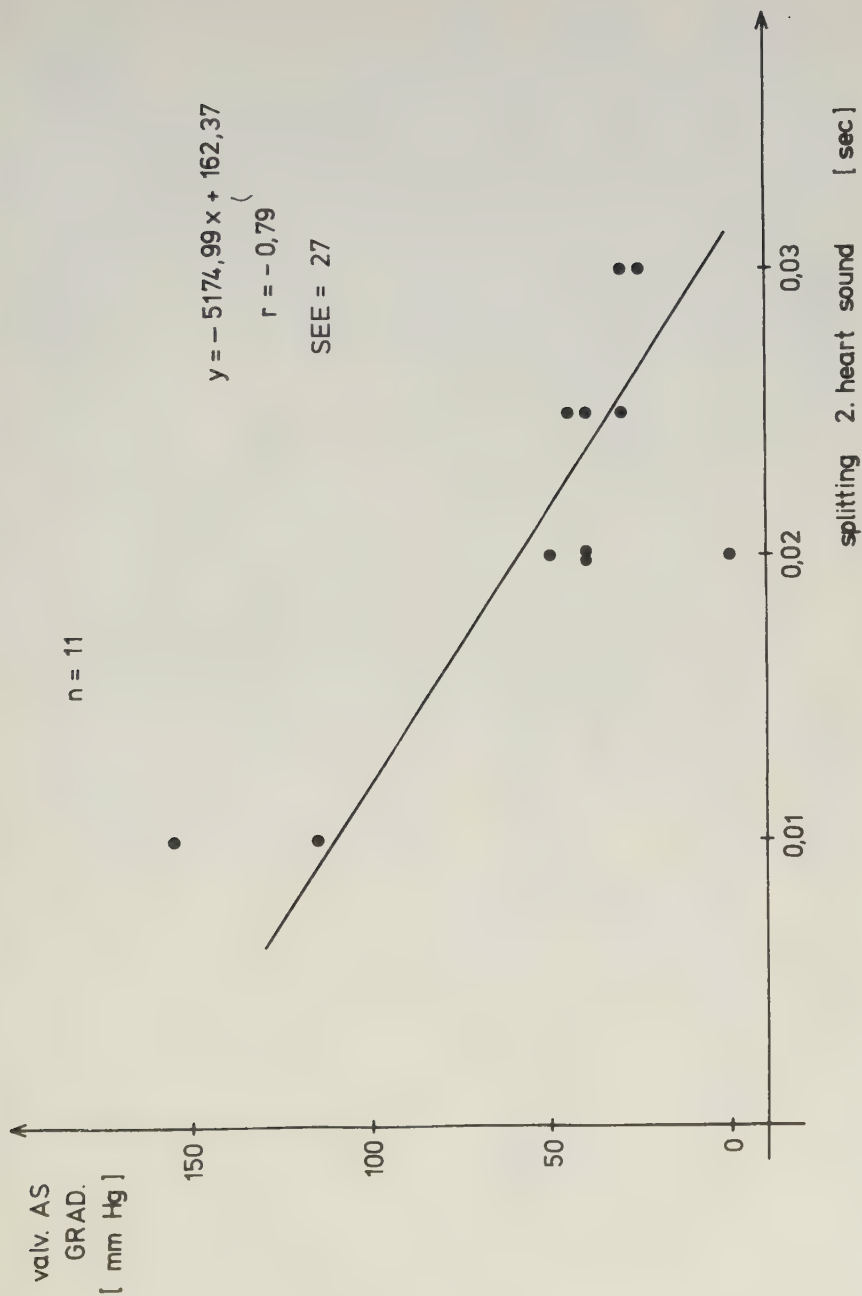


Abb. 24) Relation zwischen dem Druckgradienten und der Spaltung des 2. Herz-
tones.

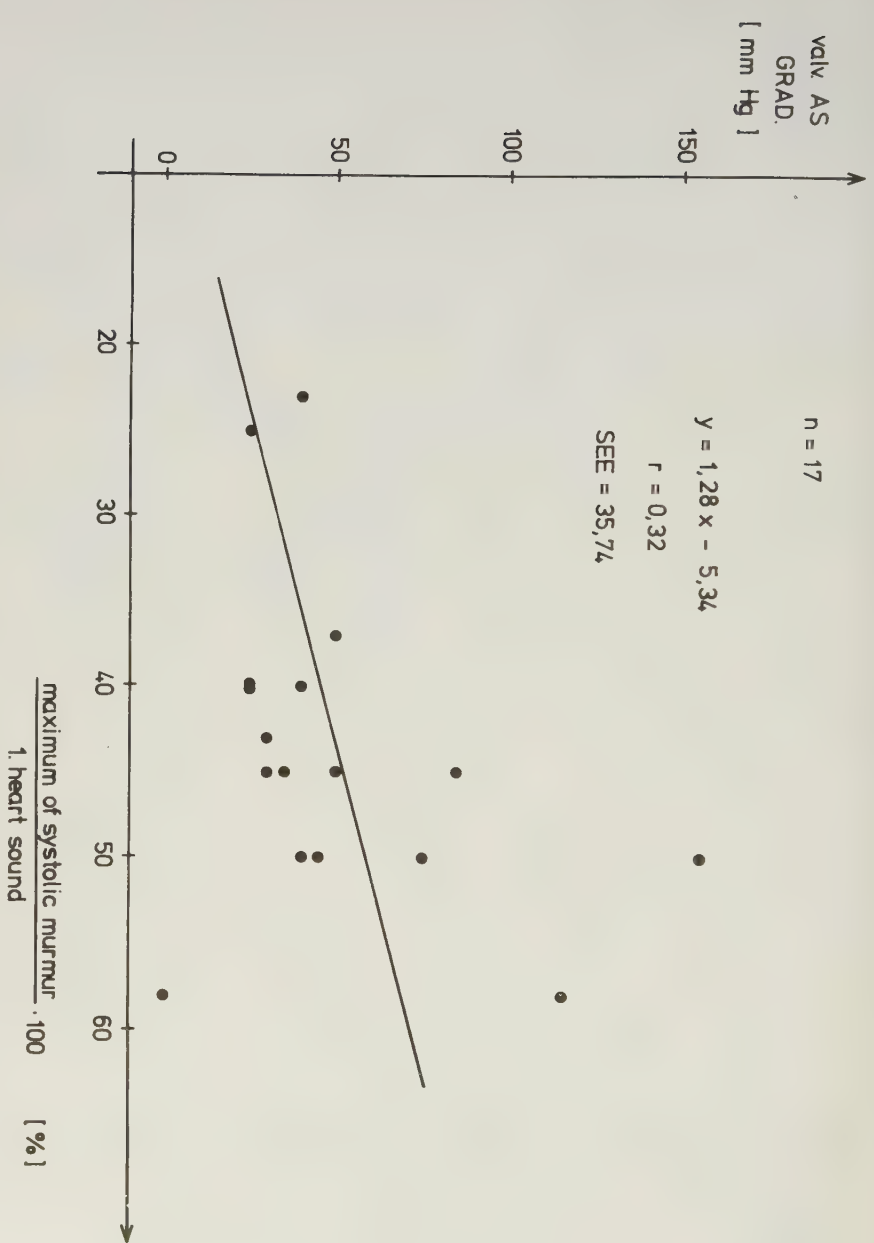


Abb. 25) Relation zwischen dem Druckgradienten und der Lage des Geräuschmaximums in Beziehung zur Höhe des Systolikonturs.

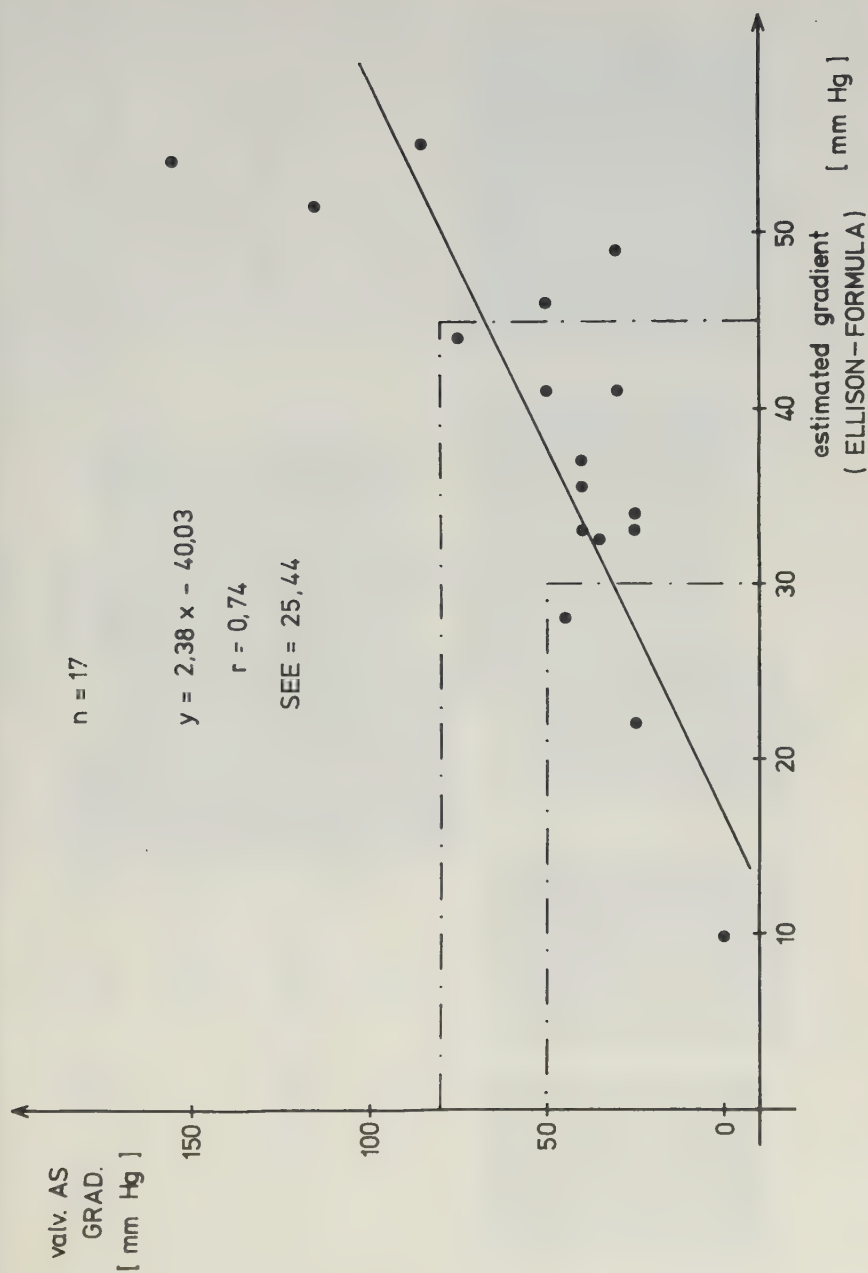


Abb. 26) Relation zwischen den tatsächlichen und geschätzten Gradienten. (16)

M

CHRISTIAN , 17.9.71

valv. AS

LV-Ao = 155 mm Hg
GRAD.

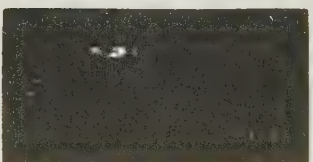
S = 4,2 mV



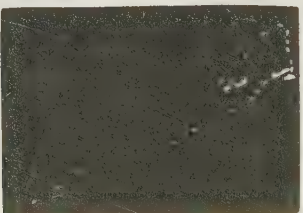
I $\approx$ 1 mV



R = 3,5 mV



H



IS



F

I $\approx$ 1 mV

LMSV = 3,38 mV

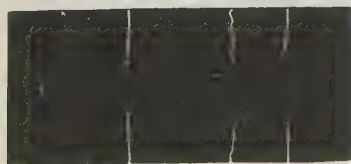
I = 1 mV

valv. AS

LV-Ao = 115 mm Hg
GRAD.

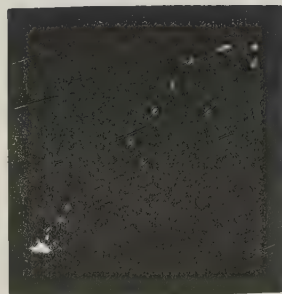
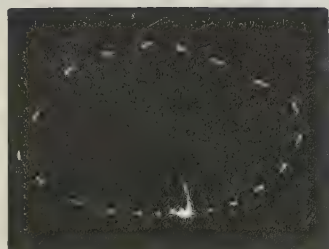
LMSV = 3,11 mV

⌈ ≅ 1 mV

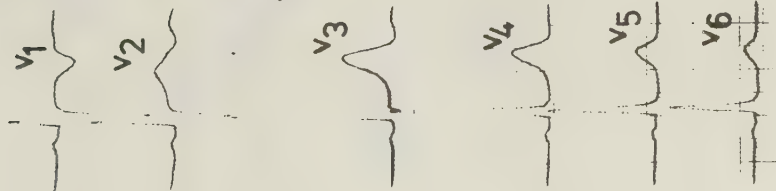


I ≅ 1mV

H



IS



S = 1,9 mV

R = 2,3 mV

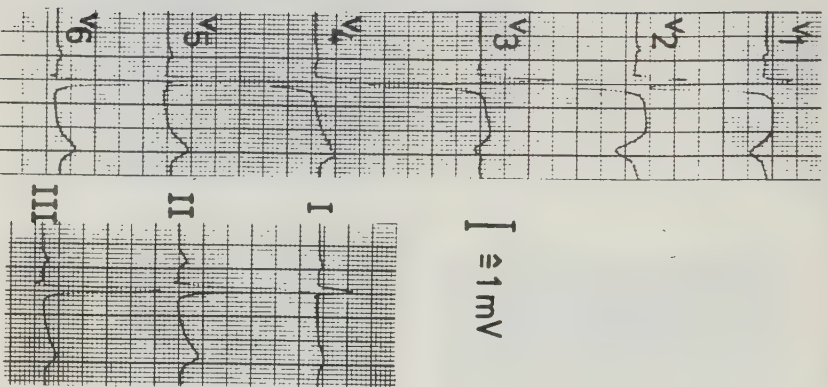
Abb. 28) Untersuchungsergebnisse von G. Tedone.

G. HUBERT, 15.5.62

valv. AS

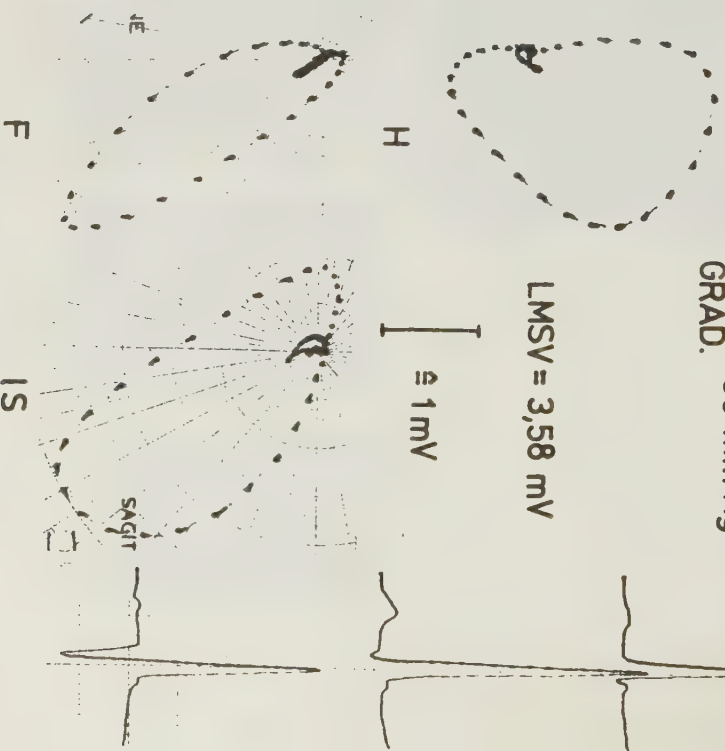
S = 2,3 mV

R = 2,8 mV



LV-Ao = 50 mm Hg
GRAD.

LMSV = 3,58 mV



CRITERION	HEART CATHETERISATION	
	no	yes
estimated gradient (ELLISON - FORMULA)	< 30 mm Hg	> 45 mm Hg
$\frac{10 \text{ msec SV}}{\text{LMSV}}$	> 0,25	< 0,25
$Sv_1 + Rv_{5/6}$ (SOKOLOV)	< 3,5 mV	> 3,5 mV
2. heart sound splitting	$\geq 0,02 \text{ sec}$	< 0,02 sec

Abb. 30) Die aussagekräftigsten Kriterien in Bezug auf eine Indikationsstellung zur Herzkatheteruntersuchung.

LITERATUR:

- 1) Bache R.J., Yang Wang, Greenfield C.:
Left Ventricular Injection Time in Valvular Aortic Stenosis. Circulation 47: 527, 1973
- 2) Bahler A.S., Teichholz L.E.:
Correlation of Electrocardiography and Echocardiography in Determination of Left Ventricular Wall Thickness. Am. J. of Card. 39: 189, 1977
- 3) Bennett D.H., Evans D.W.:
Correlation of left ventricular mass determined by echocardiography with vectorcardiographic and electrocardiographic voltage measurements.
Brit. Heart J. 36: 981, 1974
- 4) Bonner A.J., Snacks H.:
Assessing the Severity of Aortic Stenosis by Phonocardiography and External Carotid Pulse Recordings. Circulation 48: 247, 1973
- 5) Braunwald E., Goldblatt A.:
Congenital Aortic Stenosis.
Circulation 27: 426, 1963
- 6) Braunwald E., Swan H.J.C.:
Cooperative study on cardiac catheterisation.
Am. Heart Association.
Circulation 37, Suppl. III-III-1, 1968
- 7) Brink A.J., Neill C.A.:
The ECG in Congenital Heart Disease.
Circulation 12: 604, 1955
- 8) Carter W.A., Estes E.H.:
Electrocardiographic manifestations of ventricular hypertrophy. Am. Heart J. 68: 173, 1964

- 9) Cayler G.C.:
Correlations of Clinical and Hemodynamic Findings
with the Severity of the Lesion.
Dis. Chest 55: 368, 1969
- 10) Cook-Sup-So:
Praktische Elektrokardiographie. Selecta-Verlag,
München 1974
- 11) Derereux R.B., Reichek N.:
Echocardiographic Determination of left Ventricular
Mass in Man.
Circulation 55: 613, 1976
- 12) Domanig E., Kaindl F.:
Aortenklappenfehler. Med. Klinik 67 Nr. 42:1349, 1972
- 13) Donoso E., Sapin S.O.:
A Study of ECG and VCG in congenital Heart Disease.
Am. Heart J. 50: 674, 1955
- 14) Ellison R.C., Restieaux:
Vectorcardiography in Congenital Heart Disease.
W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1972
- 15) Ellison R.C., Wagner H.R.:
Congenital Valvular Aortic Stenosis.
Am. J. of Card. 37: 757, 1976
- 16) Ellison R.C., Wagner H.R.:
Congenital valvular aortic stenosis. Clinical detection
of small pressure gradients.
Am. J. of Cardiology 37: 757, 1976
- 17) Farru O., Duffan G.:
Die systolischen Klicks.
Zeitschr. f. Kreislaufforschg. 61: 1160, 1972

- 18) Gamboa R., Hugenholtz P.G.:
Comparison of ECG and VCG in Congenital Aortic
Stenosis.
Brit. Heart J. 27: 344, 1965
- 19) Glew R.H., Varghese P.J.:
Sudden Death in Congenital Aortic Stenosis.
Am Heart J. 78: 615, 1969
- 20) Hancock E.W.:
The Ejection Sound in Aortic Stenosis.
Am. Heart J. 40: 569, 1966
- 21) Hertton J. D., Sherber H.S.:
Distance Correlation for Precordial Electrocardio-
graphic Voltage in Estimating Left Ventricular Mass.
Circulation 55: 509, 1976
- 22) Hirschfeld S., Liebmann J.:
Intracardiac Pressure-Sound Correlates of Echocardio-
graphic Aortic Valve Closure.
Circulation 55: 602, 1977
- 23) Hohn A.R., van Praagh S.:
Aortic Stenosis. Circulation Suppl. 31 + 32, 1965
- 24) Hugenholtz P.G., Lees M.M.:
The Scalar ECG, VCG and Exercise ECG in the Assessment
of Congenital Aortic Stenosis.
Circulation 26: 79, 1962
- 25) Hugenholtz P.G., Gamboa R.:
Effect of Chronically Increased Ventricular Pressure
on Electrical Forces on the Heart.
Circulation 30: 511, 1964

- 26) Landtman B., Louhimo B.:
Congenital Aortic Stenosis in Children.
Alta Chirurgica Scand. Suppl. 356 B., 1966
- 27) Levine N.D., Rockoff S.D.:
An angiographic analysis of the thickness
of the left ventricular wall and cavity in
aortic stenosis. Circulation 28: 339, 1963
- 28) Lichtlen P.:
Klinische Vektor-Elektrokardiographie
Zürich, 1969, Springer-Verlag
- 29) Luisada A.A., Coleman B.:
On the Function of the Aortic Valve and the
Mechanism of the First and Second Sounds.
Jap. Heart J.: 18 (1): 81, 1977
- 30) Matthews M.B., Medd W.E.:
Aortic Stenosis, a Clinical Entity.
Brit. med. J. 2: 759, 1955
- 31) Miettinen O.S., Rees J.K.:
II. Methodology. Circulation, Suppl. 56:
2, I-7, 1977
- 32) Mitchell A.M., Sackett C.H.:
The clinical features of aortic stenosis.
Am. Heart J. 48: 684, 1954
- 33) Mody M.D., Nadas A.S.:
Aortic Stenosis in Infants.
New Engl. J. of Med. 276: 832, 1967
- 34) Morris T., Bouhoutsos J.:
The dangers of femoral and artery puncture and
catheterization.
Am. Heart J. 89: 2, 260, 1975

- 35) Paraskos J.A., Montesclaros L.A.:
Relation of the Second Heart Sound to Aortic Valve
Closure as Assessed by Echocardiography.
Circulation 49: 947, 1974
- 36) Reinhold J., Rudhe U.:
The Heart Sounds and Arterial Pulse in Congenital
Aortic Stenosis.
Brit. Heart J. 17: 327, 1955
- 37) Romhilt D.W., Estes E.H.:
A Critical Appraisal of the ECG-Criteria for the
Diagnosis of Left Ventricular Heart Hypertrophy.
Circulation 40: 185, 1969
- 38) Sandler H., Dodge H.T.:
Use of the single plane angiocardiograms for the
calculation of left ventricular volume.
Ann. Heart J. 75: 325, 1968
- 39) Wagner H.R., Weidmann H.W.:
Indirect Assessment of Severity in Aortic Stenosis.
Circulation Suppl. I. 56: 2, I-20, 1977
- 40) Waider W., Craige E.:
First Heart Sound and Ejection Sounds.
Am. J. of Card. 35: 365, 1975
- 41) Weidmann W.H.:
Natural History Study
Circulation Suppl. I, 56: 2, I-34, 1977
- 42) Vectorcardiographic System 1520 A
Hewlett and Packard 1972
- 43) Ziegler R.D.:
Electrocardiographic Studies in Normal Infants.
Charles C. Thomas, Springfield, III, 1951

Lebenslauf

Am 29.4.51 wurde ich in Freising als erstes Kind des Bauunternehmers Josef Oberprieler und seiner Frau Elisabeth, geb. Rupprecht, geboren. Ich besitze die deutsche Staatsangehörigkeit. Zusammen mit meiner vier Jahre jüngeren Schwester wuchs ich in Freising auf.

Von 1957 bis 1961 besuchte ich die Volksschule St. Georg in Freising. Von 1961 bis 1970 war ich Schüler des Josef-Hofmiller Gymnasiums in Freising, wo ich die Hochschulreife erwarb.

Im November 1970 begann ich an der Ludwig-Maximilian Universität in München mit dem Studium der Humanmedizin, wo ich nach 13 Semestern, im Februar 1977 die ärztliche Prüfung mit der Note gut ablegte.

Während meiner Medizinalassistentenzeit arbeitete ich am Kreiskrankenhaus Öhringen Medizinische Abteilung, Kreiskrankenhaus Freising Chirurgische Abteilung und Krankenhaus München Schwabing II. Chirurgische Abteilung.

Am 31. Mai 1978 erhielt ich die Approbation als Arzt.

Vom 1.6.78 bis 31.10.79 arbeitete ich als Assistenzarzt in der Chirurgischen Abteilung des Kreiskrankenhauses Freising, seit 1. November 79 bin ich in der Medizinischen Abteilung des gleichen Hauses als Assistenzarzt beschäftigt.

Am 22.5.76 heiratete ich Fräulein Renate Krayl aus Heilbronn.

Am 1.5.1979 wurde unser Sohn Nikolaus geboren.

Juni 1980

